1. RÉSZ **Megszilárdult beton témaköre** **1. RÉSZ**

AC50(H) minőségű, azaz elfogadási valószínűségű beton alkalmazásának indokoltsága. *2023.* évi utóirattal. *(2016. július)*

Acélhuzal szálerősítésű beton szívóssága: rövid film *(2007. október)* **Lásd: Videó**

Acélhuzal szálerősítésű beton vágása laboratóriumban: rövid film *(2008. március)* **Lásd: Videó**

Bauxitbeton *(1999. november)* Fogalom *(2008. december)*

Beton jele. Előadás a Magyar Mérnöki Kamarában *(2016. június)*, Részlet a Vasbetonépítés című folyóiratban megjelent cikkből *(**2019.** december)*

Beton jele napjainkban (2025) *(**2025.** május)* **A Magyar Mérnöki Kamarában tartott előadást lásd az első, AC_{50}(H) kezdetű fájlban**

Beton jele 1982-2004 között *(2006. február)*

Beton jellemző értékének és víz-cement tényezőjének kapcsolata, ha a nyomószilárdságot 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockákon határozzák meg *(2016. március)*

Beton környezeti osztályok táblázata; 1 oldalas változat *(2009. március, frissítve: 2015. március; 2020. évi frissítés)* **Lásd: BME-építőanyag-gyakorlat. 105. és 122. Beton környezeti osztálya**

Beton nyomószilárdság átszámítás:
- MSZ 4719:1982, az MSZ 4798-1:2004 (MSZ EN 206-1:2002) és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti beton nyomószilárdsági osztályok megfeleltetése *(2010. május)*
- 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka nyomószilárdságának átszámítása a Ø150·300 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbahenger nyomószilárdságára *(2010. május)*

Beton nemzeti környezeti osztályai Magyarországon *(**2023.** december)*

Beton nyomószilárdság megfelelőségének feltételei *(2005. november,*
frissítés: *2006. szeptember, 2006. december)*

Utóirat: Az MSZ 4798:2016/4M:2023 magyar betonszabvány szerint a 100 év tervezési élettartamú műtárgyak, ún. monumentális építmények tervezése, készítése és ellenőrzése esetén a betonnyomószilárdság ~50%-os elfogadási valószínűséggel és *Student*-tényezővel való értékelése, valamint a betonfedés követelménye *előírás*, azaz alkalmazása *kötelező*!

Aki ezt a 100 diakockát végigolvassa, egyrészt minden tiszteletet megérdemel, másrészt arról tájékozódhat, hogy az AC_{50}(H) jelet viselő magyar beton miért vevőbarát, miért jobb, tartósabb és biztonságosabb a többi betonnál.

Mottó: „A műszaki biztonság gazdasági tőkét jelent”

Röviden összefoglalva:

Valamely adott összetételű beton *á*tlagos nyomószilárdságát a termékszabványok (az MSZ EN 206:2014 európai és az MSZ 4798:2016 magyar beton termékszabvány európait követő főszövegének) **nyomószilárdsági megfelelőségi feltétele alapján értékelve, a beton nagy valószínűséggel legalább eggyel nagyobb nyomószilárdsági osztályúra (jelűre), azaz látszólag jobb minőségűre adódik, mint az ugyanolyan összetételű beton az** (MSZ EN 1990:2011 és MSZ EN 1992-1-1:2010) **„Eurocode” méretezési szabvány szerint értékelve** (82. diakocka).

Nem volt ez mindig így, 2004 előtt teljes összhang volt a magyar beton termékszabvány (MSZ 4719:1982 és elődjei) **és a szerkezetek** (MSZ 15022:1986), **a vízépítési műtárgyak** (MSZ 15227:1980), **a beton pályaburkolatok** (MSZ-07-3212-3:1981) **méretezési szabványának nyomószilárdság-felfogása között.**

Ez azt jelenti, hogy ma az MSZ EN 206:2014, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány főszövege szerinti betonból épülő magas- és mélyépítési betonszerkezetek vagy az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint készülő pályaburkolatok betonjának átlagos nyomószilárdsága minden bizonnyal kisebb, összetétele gyengébb, várhatóan kevésbé tartós, mint az *ugyanolyan nyomószilárdsági osztályú (jelű)* betonból 2004 előtt épült betonszerkezetek és pályaburkolatok betonjának nyomószilárdsága és tartóssága volt.

E kockázatos gyakorlattal szemben az új magyar *MSZ 4798:2016 betonszabvány P melléklete* lehetőséget ad az ugyanolyan nyomószilárdsági osztályú, de nagyobb átlagszilárdságú, a szilárdságot – a 2004 előttit megközelítő – nagyobb biztonsággal magában hordozó AC_{50}(H) minőségű beton alkalmazására (75-76., 87. diakocka). **Az ilyen beton jelében a nyomószilárdsági osztály jele után szerepel az AC_{50}(H) jel.**

Az *MSZ 4798:2016 betonszabvány P melléklete* szerinti AC_{50}(H) minőségű (és jelű) beton szilárdsága és szilárdsági biztonsága megközelíti azt a szilárdságot és szilárdsági biztonságot, amellyel a tervezők ma az Eurocode szabvány alapján a méretezés során számolnak.

Saját érdekében éljen a lehetőséggel – terveztesse és készíttesse AC_{50}(H) minőségű betonból – minden új beton és vasbeton szerkezetét (épületet, hidat, közművet, ipari és egyéb műtárgyat), pályaburkolatát (utat, térburkolatot, repülőteret, ipari padlóburkolatot) stb., de a központi költségvetésből megvalósuló építményeket feltétlenül.

Beton, betontechnológia

A BETON JELÉBEN FOGLALT KÖVETELMÉNYEK TELJESÍTÉSE

(Azaz, hogyan és mint kell egy adott követelményre a beton fajtát kiválasztani, a jelölések mit takarnak.)

DR. KAUSAY TIBOR

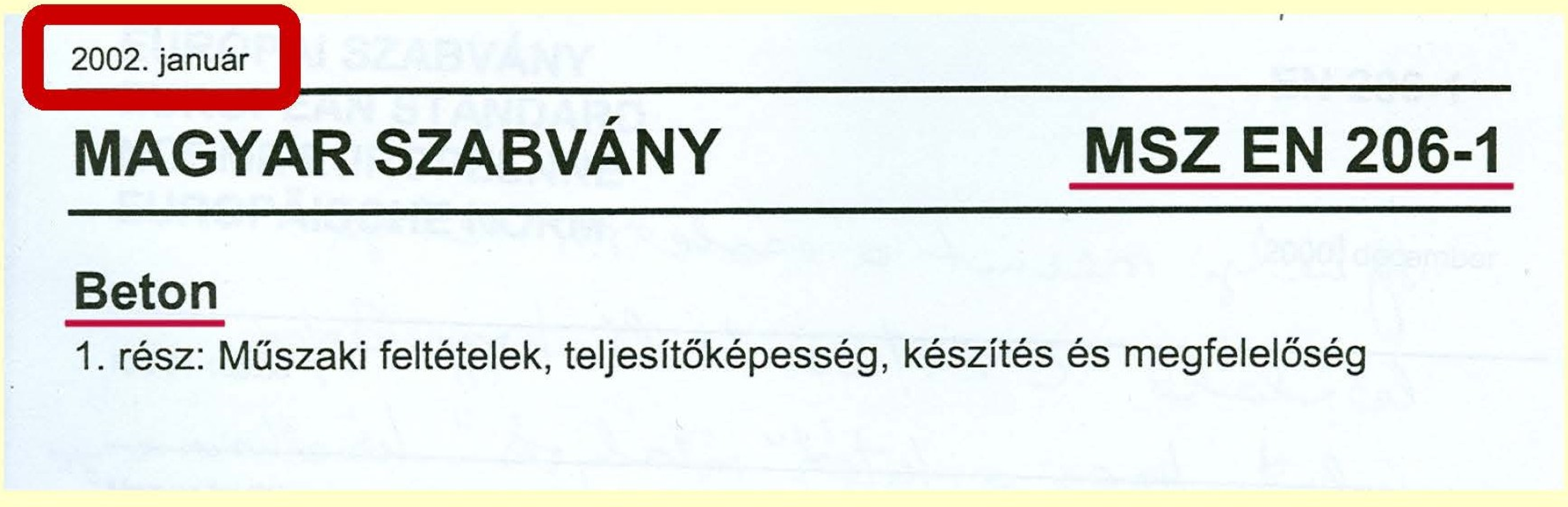
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Az $AC_{50}(H)$ minőségű (elfogadási valószínűségű) beton alkalmazásának indokoltsága

Magyar Mérnöki Kamara, Tartószerkezeti Tagozat

Budapest, 2016. május 12.

BEVEZETÉS


2002. január

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN 206-1

Beton

1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség

Az MSZ EN 206-1:2002 forrás szabványát,
az EN 206-1:2000 szabványt a CEN 2013-ban visszavonta,
és annak átdolgozott változatát EN 206:2013 számon kiadta.

Ennek következtében
az MSZ EN 206-1:2002 szabványt
és annak magyar nemzeti alkalmazási dokumentumát (NAD),
az MSZ 4798-1:2004 szabványt,
2014. július 1-jén visszavonták.

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

SCHLUSS-ENTWURF
FprEN 206

Juni 2013

ICS 91.100.30

Vorgesehen als Ersatz für EN 206-1:2000, EN 206-9:2010

Deutsche Fassung

Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

Concrete - Specification, performance, production and conformity

Béton - Spécification, performances, production et conformité

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur formellen Abstimmung vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 erstellt.

Az új MSZ EN 206:2014 szabványt (angol nyelven) 2014. július 1-jén vezették be Magyarországon

2004. augusztus

MAGYAR SZABVÁNY MSZ 4798-1

Beton.

1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség.

Az MSZ EN 206-1:2002 és alkalmazási feltételei Magyarországon

Az MSZ 4719:1982, MSZ 4720-1:1979, MSZ 4720-2:1980, MSZ 4720-3:1980 helyett.

Élt tíz évet

Az MSZ 4798-1:2004 szabványt
2014. október 1-jén visszavonták,
de az új nemzeti szabvány megjelenéséig,
2016. április 1-jéig
a szerződő felek kölcsönös megegyezéssel
alkalmazhatták.

2016. április

MAGYAR SZABVÁNY

MSZ 4798

Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon

ICS 91.100.30

Hivatkozási szám: MSZ 4798:2016

© MAGYAR SZABVÁNYÜGYI TESTÜLET

(172 oldal)

A szabvány a betonra mint termékre vonatkozik, és nem vonatkozik a szerkezetbe beépített betonra.

(9) Ez a szabvány az út- és térburkolatok betonjára csak akkor vonatkozik, ha az érvényben lévő útügyi műszaki előírás erre a szabványra hivatkozik.

(10) E szabvány az előregyártott beton-, és vasbeton elemek betonjára csak akkor vonatkozik, ha az érvényben lévő termék-, és tervezési szabványok erre a szabványra hivatkoznak. Az előre gyártott termékek, szerkezetek és az előre gyártott szerkezeti elemek a vonatkozó termékszabványok követelményeinek feleljenek meg.

Az MSZ EN 206:2014 betonszabvány és a többi „betonos” szabvány kapcsolata, alá, illetve fölé rendeltsége

Nemzeti építési törvények és rendeletek
(a felhasználás helyén érvényes)

MSZ EN 1990 (Eurocode)
A tartószerkezetek tervezésének alapjai

MSZ EN 13670
Betonszerkezetek kivitelezése

MSZ EN 1992 (Eurocode 2)
Betonszerkezetek tervezése

MSZ EN 13369
Előre gyártott betontermékek általános szabályai

MSZ 24803-1
és MSZ 24803-6-3
Épületszerkezetek megjelenési módjának előírásai

MSZ 4798:2016

MSZ EN 206
Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség

Az MSZ EN 206:2014 betonszabvány és a többi „betonos” szabvány kapcsolata (az előző ábra folytatása)

***MSZ* EN 206**
Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség

***MSZ* EN 197-1 és *MSZ* EN 197-2**
Cement

MSZ 4737-1 és MSZ 4737-2
Különleges cementek

***MSZ* EN 1008**
Keverővíz betonhoz

***MSZ* EN 12620**
Kőanyaghalmazok (adalékanyagok) betonhoz

***MSZ* EN 450**
Pernye betonhoz

***MSZ* EN 13263**
Szilikapor betonhoz

***MSZ* EN 15167**
Őrölt, granulált kohósalak betonban, ha-barcsban és injektálóhabarcsban való felhasználásra

***MSZ* EN 13055**
Könnyű kőanyaghalmazok

***MSZ* EN 934-1 és *MSZ* EN 934-2**
Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz

***MSZ* EN 14889**
Szálak betonhoz

***MSZ* EN 12878**
Pigmentek cement és/vagy mészalapú építőanyagok színezésére

***MSZ* EN 12350**
A friss beton vizsgálat

***MSZ* EN 12390**
A megszilárdult beton vizsgálata

***MSZ* EN 13791**
Betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése

***MSZ* EN 12504**
A beton vizsgálata szerkezetekben

Nem tárgya az MSZ EN 206 és az MSZ 4798 szabványnak

Az Európai Parlament és az EU Tanácsa építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról szóló 2011. március 9-i 305/2011/EU rendeletének I. melléklete szerint

az építménynek mind egészükben, mind különálló részeikben meg kell felelniük a rendeltetés szerinti használhatóság következő alapvető követelményeinek:

1. **Mechanikai szilárdság és állékonyság;**
2. **Tűzbiztonság;**
3. **Higiénia, az egészség- és a környezetvédelem;**
4. **Biztonságos használat és akadálymentesség;**
5. **Zajvédelem;**
6. **Energiatakarékosság és hővédelem;**
7. **Természeti erőforrások fenntartható használata.**

Az építményekre vonatkozó alapvető követelményeket az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról szóló 305/2011/EU rendelet (CPR = Construction Products Regulation = Építési termék rendelet) I. melléklete részletezi, a szilárdságra nézve így:

„1. Mechanikai szilárdság és állékonyság

Az építményeket úgy kell tervezni és megvalósítani, hogy a megvalósítás és a használat során várhatóan fellépő terhek ne eredményezzék a következő jelenségek egyikét sem:

a) az egész építménynek vagy az építmény egy részének összeomlása;

b) megengedhetetlen mértékű, jelentős deformáció;

c) az építmény más részeinek, illetve szerelvényeinek vagy beépített berendezéseinek károsodása az épület teherhordó szerkezetének jelentős deformációja miatt;

d) a kiváltó okhoz képest túlzott mértékű károsodás.”

Az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK) szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet IV. Fejezete 50. § (3) bekezdése szerint

„Az építménynek meg kell felelnie a rendeltetési célja szerint

***a)* az állékonyság és a mechanikai szilárdság,**

***b)* a tűzbiztonság,**

***c)* a higiénia, az egészség- és a környezetvédelem,**

***d)* a biztonságos használat és akadálymentesség,**

***e)* a zaj és rezgés elleni védelem,**

***f)* az energiatakarékosság és hővédelem,**

***g)* az élet- és vagyonvédelem, valamint**

***h)* a természeti erőforrások fenntartható használata alapvető követelményeinek, és a tervezési programban részletezett elvárásoknak."**

Az MSZ EN 1990:2011 „Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai” című szabvány előszava szerint az Eurocode-okat az EU és az EFTA (Európai Szabadkereskedelmi Társulás) tagállamainak egyetértésével az „épületek és más építőmérnöki szerkezetek esetén a 89/106/EEC irányelv (ma 305/2011/EU rendelet) szerinti alapvető követelmények – különösen az

1. számú alapvető követelmény: Mechanikai szilárdság és stabilitás, és a

2. számú alapvető követelmény : Tűzhatással szembeni biztonság – teljesülésének igazolására” alkalmazzák.

Az Eurocode-ok az építményekről és az azokkal kapcsolatos építőmérnöki szolgáltatásokról szóló megállapodások alapját képező dokumentum.

Az Eurocode-ok az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírások (EN-ek és ETA-k Európai Műszaki Értékelések, 2013 előtt Európai Műszaki Engedélyek) kidolgozásának keretdokumentuma.

„… az Eurocode-okkal kapcsolatos munka során felmerülő műszaki szempontokat a CEN műszaki bizottságainak és/vagy az EOTA (Műszaki Engedélyeket, ma Európai Műszaki Értékeléseket Jóváhagyó Európai Szervezet) termékszabványok kidolgozásával foglalkozó munkacsoportjainak megfelelő módon figyelembe kell venniük annak érdekében, hogy ezek a műszaki előírások (EN-ek és ETA-k) teljes mértékben összhangban legyenek az Eurocode-okkal.”

Ez nyilvánvalóan kimondatlanul is vonatkozik a nemzeti szabványosítási műszaki bizottságok munkájára, illetve a nemzeti szabványokra, nemzeti alkalmazási dokumentumokra is; tehát, hogy a nemzeti szabványok, NAD-ok összhangban kell legyenek az Eurocode-okkal.

Az **MSZ EN 1990:2011 Eurocode** szabvány 2.1. szakasza szerint alapvető követelmény:

(1)P A tartószerkezeteket úgy kell megtervezni és megvalósítani, hogy az előirányzott **élettartamuk során kellő megbízhatósággal** és gazdaságosan

- viseljék a kivitelezés és a használat során várhatóan fellépő összes hatást, és **legyenek alkalmasak az előirányzott használatra ► tervezési élettartam**.

(2)P A tartószerkezeteket úgy kell továbbá megtervezni, hogy azok

- **teherbírása ► nyomószilárdsági osztály**,
- használhatósága és
- **tartóssága ► környezeti osztály**

megfelelő legyen.

(6) Az alapvető követelményeket általában

- az anyagok alkalmas megválasztásával,
- megfelelő tervezéssel és szerkesztési szabályok alkalmazásával,
- a tervezés, a gyártás, a kivitelezés és a használat során az adott építési feladat szempontjainak figyelembevételével előírt ellenőrzési eljárások alkalmazásával

kell kielégíteni.

Beton, betontechnológia

A BETON JELÉBEN FOGLALT KÖVETELMÉNYEK TELJESÍTÉSE

(Az az, hogyan és mint kell egy adott követelményre a beton fajtát kiválasztani, a jelölések mit takarnak.)

DR. KAUSAY TIBOR

BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

A BETON JELE

C35/45 – $AC_{50}(H)$ – XC4 – XD2 – XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 – CEM I 42,5 N – SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

Magyar Mérnöki Kamara, Tartószerkezeti Tagozat
Budapest, 2016. május 12.

C35/45 – AC_{50}(H) – XC4 – XD2 – XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 – CEM I 42,5 N – SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

C35/45 – AC_{50}(H) – beton nyomószilárdsági osztályának jele ◄;

C25/30$_{56\ napos}$ – ha a beton a nyomószilárdsági osztály meghatározásakor nem 28 napos

LC35/38 – könnyűbeton nyomószilárdsági osztályának jele;

D1,8 – könnyűbeton testsűrűségi osztályának jele;

bazalt zúzottkő – adalékanyag megnevezése, ha nem homokos kavics;

XC4 – XD2 – XA5(H) – XV2(H) – környezeti osztályok jele ◄;

32 – adalékanyag legnagyobb szemnagysága, mm ◄;

F4 – friss beton konzisztencia osztályának jele ◄;

Cl0,10 – cementtartalomra vonatkozó megengedett kloridtartalmat, ha nem 0,20 tömeg%, például feszített vasbeton szerkezet betonja esetén;

CEM I 42,5 N – SR 0 – cement jele, ha a tervező előírja ◄;

Metakaolin – kiegészítőanyag megnevezése, ha a tervező előírja ◄;

100 év – tervezési élettartam, ha nem 50 év ◄;

MSZ 4798 szabvány jele

Megadható az adalékanyag szemmegoszlási görbéjének jele és finomsági modulusa is.

Beton, betontechnológia

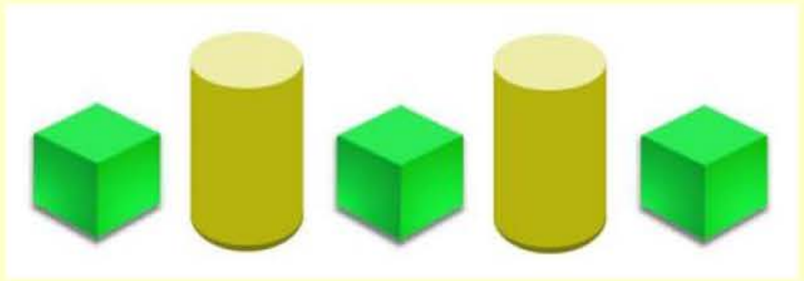
A BETON JELÉBEN FOGLALT KÖVETELMÉNYEK TELJESÍTÉSE

(Az az, hogyan és mint kell egy adott követelményre a beton fajtát kiválasztani, a jelölések mit takarnak.)

DR. KAUSAY TIBOR

BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY



Magyar Mérnöki Kamara, Tartószerkezeti Tagozat
Budapest, 2016. május 12.

C25/30 ⇒ C $f_{ck,cyl}$ / $f_{ck,cube}$

$f_{ck,cyl}$ a 28 napos korú, sablonban készített, végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző (karakterisztikus) értéke, N/mm²

$f_{ck,cube}$ a 28 napos korú, sablonban készített, végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának előírt jellemző (karakterisztikus) értéke, N/mm²

A nyomószilárdsági osztály – és a nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke is – a még be nem épített betonból vett, sablonban készített, általában 28 napos, esetleg előzetes írásbeli megállapodás (az építmény megvalósítási szerződésében, a betontechnológiai utasításban, és a beton szállítólevelén) esetén 42 napos (pl. útépítési beton) vagy 56 napos korú (pl. tömegbeton) esetleg legfeljebb 90 napos korú (pl. nagyon lassú szilárdulású beton), végig víz alatt tárolt próbatesten mért nyomószilárdságra vonatkozik.

Ha a nyomószilárdsági osztállyal a 28 napostól eltérő korú beton nyomószilárdságát jellemzik, akkor ezt a beton jelében is fel kell tüntetni.

Ebből az is következik, hogy

- **a 28 napos – esetleg ritkán legfeljebb 90 napos – kor után a megépült szerkezetből kifúrt magminták segítségével, vagy roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatok eredményeiből**
  - **a) a beton nyomószilárdsági osztálya nem határozható meg,**
  - **b) és csak az adott korú beton $f_{ck,is,cyl\ Ø150\times300,test}$ jellemző (karakterisztikus) értékét szabad kiszámítani, mert**
- **a 28 naposnál - esetleg ritkán legfeljebb 90 naposnál – idősebb betonnak nincs nyomószilárdsági osztálya.**

Ez célra is vezet, mert a 28 (esetleg ritkán legfeljebb 90) naposnál idősebb szerkezet teherhordóképességét az építménybe beépített beton adott korú nyomószilárdságának jellemző értéke ($f_{ck,is,cyl\ Ø150\times300,test}$), alapján, a beton nyomószilárdság teherbírási tervezési értékéből ($f_{cd,cyl\ Ø150\times300,test} = (\alpha_{CC}/\gamma_{C,red4})\times f_{ck,is,cyl\ Ø150\times300,test}$), azt az igénybevételből a betonban ébredő nyomófeszültséggel (σ_{cu}) való összevetéssel ($f_{cd\ Ø150\times300,test} \geq \sigma_{cu}$) – a nyomószilárdsági osztály meghatározása nélkül – meg lehet ítélni.

Fontos előírás az is, hogy a 28 napos – vagy esetleg ritkán legfeljebb 90 napos – korúnál idősebb beton nyomószilárdságából a 28 napos nyomószilárdságra visszamenőleg következtetni vagy annak megfelelőségét utólag igazolni nem szabad.

Ilyen célra az *Arrhenius*-féle vagy más idő-egyenérték függvény sem alkalmazható!

(6) A t korú beton nyomószilárdsága függ a cement típusától, a hőmérséklettől és az utókezelés körülményeitől. Átlagos 20°C hőmérséklet és az EN 12390 szerinti utókezelés esetén a különböző korú betonok $f_{cm}(t)$ nyomószilárdsága a (3.1.) és a (3.2.) összefüggésekből becsülhető.

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t)\, f_{cm} \qquad (3.1.)$$

Arrhenius-féle összefüggés

és

$$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{ s\left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{1/2}\right]\right\} \qquad (3.2.)$$

MSZ EN 1992-1-1 Eurocode 2, 3.1.2. szakasz

Az MSZ EN 1992-1-1 Eurocode 2 szabványban olvasható:

„Ha a beton nem felel meg a 28 napos nyomószilárdságára vonatkozó előírásoknak, akkor a (3.1.) és a (3.2.) összefüggések nem érvényesek.

Ezt a bekezdést általában nem szabad alkalmazni arra, hogy egy nem megfelelő referenciaszilárdság meglétét visszamenőlegesen, az utószilárdulás figyelembevételével igazoljanak.”

A beton nyomószilárdsági osztályának előírása során két különböző úton kapott, egyidejűleg teljesítendő nyomószilárdsági osztályból kell kiindulni.

Az erőtani számításból a teherbírás megkövetelte nyomószilárdsági osztály, a „társított” környezeti osztályok feltételéből a tartósság megkövetelte nyomószilárdsági osztály adódik.

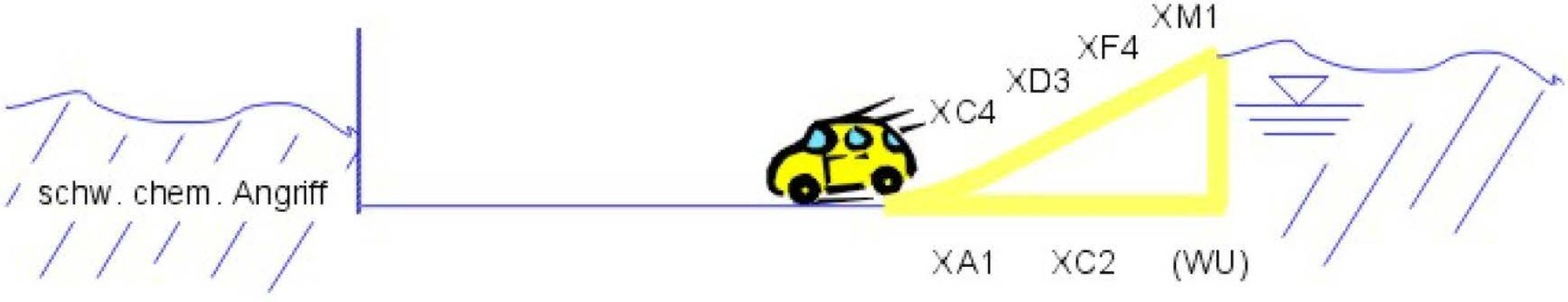
A beton nyomószilárdsági osztálya az erőtani számításból kapott nyomószilárdsági osztály és a környezeti osztály egyik feltételét képező nyomószilárdsági osztály összevetésével határozható meg.

MSZ 4798:2016 szabvány 5.3.2. szakasza „Határértékek a betonösszetételre” szerint:

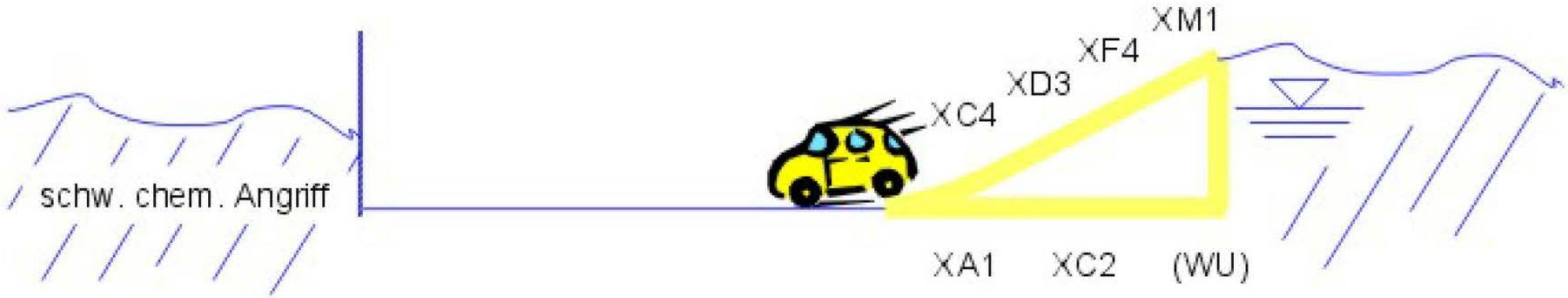
(5) E szabvány szerint az erőtani számítás szerinti szükséges nyomószilárdsági osztály és a környezeti feltételek szerinti szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztály közül általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.

A betont egyszerre több féle környezeti hatás is érheti, ebben az esetben egyidejűleg több féle környezeti osztályba kell sorolni, és a beton nyomószilárdsága valamennyi rá vonatkozó környezeti osztályban előírt nyomószilárdság osztálynak meg kell feleljen.

Beispiel
Grenzwerte der Zusammensetzung für den Beton der Rampe



Beispiel
Grenzwerte der Zusammensetzung für den Beton der Rampe



Rampe

		Zementgehalt [kg/m³] mit Typ II	w/z-Wert	Festigkeit
Außenbauteil, bewehrt	XC4 (oben)	280	270	0,60	C25/30
Chloridangriff, ohne Frost	XD3 (oben)	320	270	0,45	C35/45
Frost-Taumittelangriff, horizontale Fläche	XF4 (oben)	320	320	0,50	C30/37
Mäßige Verschleißbeanspruchung	XM1 (oben)	300	270	0,55	C30/37
Schwacher chemischer Angriff	XA1 (unten)	280	270	0,60	C25/30
Gründungsbauteil, nass selten trocken	XC2 (unten)	240	240	0,75	C16/20
Hoher Wassereindringwiderstand für h > 0,40 m	(WU)	-	-	0,70	-

Mindestanforderungen an die Betonzusammensetzung		Zementgehalt mit Typ II	w/z-Wert	Festigkeit
	LP-Beton	320	320	0,45	C30/37

Teil der Festlegung	Stahlbeton C30/37 XC4, XD3, XF4, XM1, XA1 (WU)

MSZ 4798:2016 szabvány 5.3.2. szakasza „Határértékek a betonösszetételre”

(4) Környezeti osztályok kombinációja esetén mindig a legszigorúbb követelmény érvényes.

Az F melléklet szerint *olyan betont kell tervezni és készíteni, amelynek összetétele és tulajdonságai a szóban forgó, „társított” környezeti osztályok mindegyikének követelményét kielégíti*.

Környezeti osztály	*Beton nyomó-szilárd-sági osztálya, legalább*	*Beton cement-tartalma, legalább, kg/m³*	*Beton víz-cement tényezője, legfeljebb*	*Friss beton átlagos összes levegő-tartalma, térfogat%*
XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H) környezeti osztályú vasbeton támfal betonja				
XC4	*C30/37*	*300*	*0,50*	*A nyomó-szilárdsági osztály és a konzisztencia függvénye*
XF1	*C30/37*	*300*	*0,55*	
XA2	*C30/37*	*320*	*0,50*	
XV1(H)	*C25/30*	*300*	*0,55*	
XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H)	*C30/37*	*320*	*0,50*	

Ha a környezeti hatások egyike fagy-, illetve fagy- és olvasztósó hatás, és a beton légbuborékképző adalékszerrel készül, akkor a friss beton átlagos levegőtartalma a fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton előírt összes levegőtartalmának (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) feleljen meg.

Környezeti osztály	Beton nyomó-szilárd-sági osztálya, legalább	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton átlagos összes levegő-tartalma, térfogat%
XC4 – XF4 – XK3(H) környezeti osztályú, 32 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített fagy- és olvasztósó- és kopásálló LP beton				
XC4	C30/37	300	0,50	A nyomó-szilárdsági osztály és a konzisztencia függvénye
XK3(H)	C40/50	350	0,40	
XF4	C30/37	340	0,45	A legnagyobb szemnagyság és a konzisztencia függvénye
XC4 – XF4 – XK3(H)	C40/50	350	0,40	

A beton nyomószilárdsági osztályának előírása során két különböző úton kapott, egyidejűleg teljesítendő nyomószilárdsági osztályból kell kiindulni.

Az erőtani számításból a teherbírás megkövetelte nyomószilárdsági osztály, a „társított” környezeti osztályok feltételéből a tartósság megkövetelte nyomószilárdsági osztály adódik.

A beton nyomószilárdsági osztálya az erőtani számításból kapott nyomószilárdsági osztály és a környezeti osztály egyik feltételét képező nyomószilárdsági osztály összevetésével határozható meg.

MSZ 4798:2016 szabvány 5.3.2. szakasza „Határértékek a betonösszetételre” szerint:

(5) E szabvány szerint az erőtani számítás szerinti szükséges nyomószilárdsági osztály és a környezeti feltételek szerinti szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztály közül általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni. Ennek értelmében,

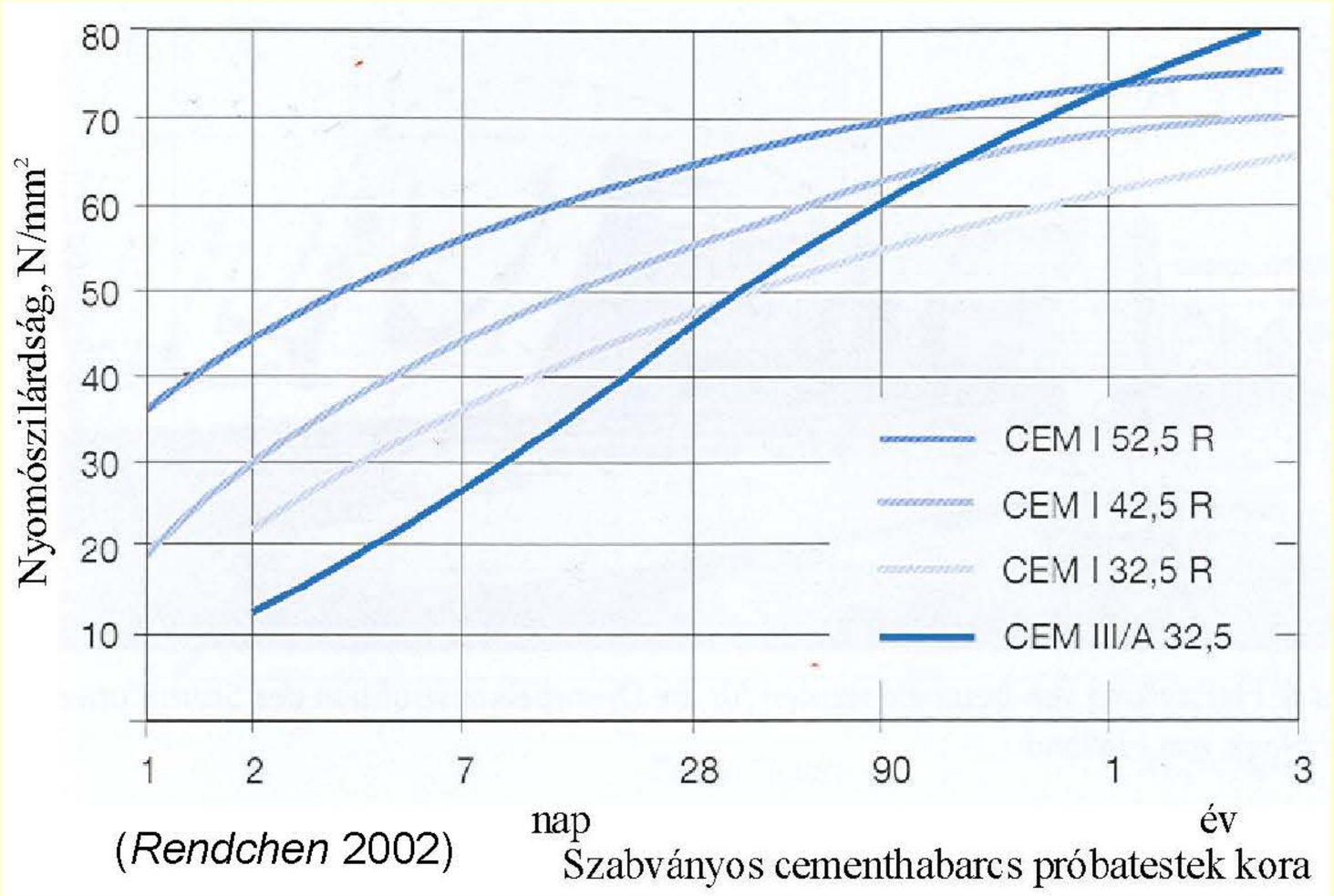
1) ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály nagyobb, mint a környezeti feltételek szerint szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztály, akkor az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály a mértékadó;

2) ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint a környezeti feltételek szerint szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztály, akkor a mértékadó nyomószilárdsági osztály kiválasztása tekintetében két eset lehetséges:

- ha az adott építmény esetén felelősséggel <u>nem bizonyított</u>, hogy az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor a környezeti feltételek szerint szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni;

- ha az adott építmény esetén felelősséggel és <u>írásban bizonyítják</u>, hogy az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak – a tervezési élettartam alatt – ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztályt lehet mértékadónak tekinteni, és az ennél nagyobb, a környezeti osztály megkövetelte nyomószilárdsági osztályt figyelmen kívül szabad hagyni. Ennek az esetnek jellegzetes példáját adhatja például a CEM III típusú kohósalakcement alkalmazása.

A CEM III/A kohósalakcement utószilárdulása 90 napos korig a 28 napos nyomószilárdságnak általában a 30-40 %-át, a CEM III/B kohósalakcementé pedig a 20-25 %-át teszi ki. Ezért feltételezhető, hogy a CEM III kohósalakcementtel gondosan készített és utókezelt beton nyomószilárdsági osztálya 90 napos korra eléri a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798:2016 szabványban ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztályt. Nem kizárt tehát, hogy bizonyítható: CEM III L (kis kezdőszilárdságú) kohósalakcement (MSZ EN 197-1:2011) alkalmazása esetén az erőtani számítás szerint szükséges – a környezeti osztály nyomószilárdsági követelményénél kisebb – 28 napos korra vonatkozó nyomószilárdsági osztály elegendő a környezeti hatásoknak a tervezési élettartam alatt ellenálló beton készítéséhez.

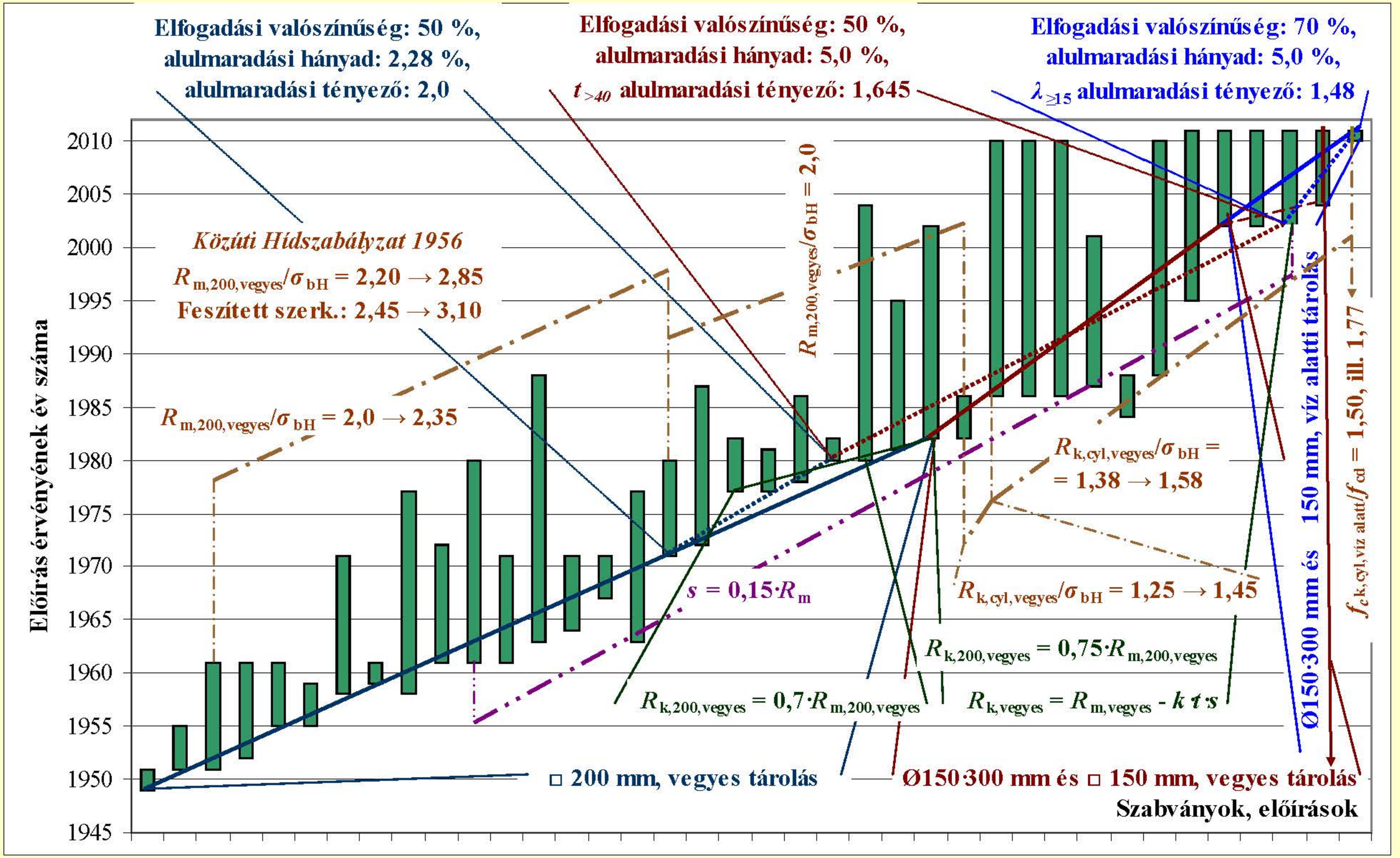


(*Rendchen* 2002) Szabványos cementhabarcs próbatestek kora

A tapasztalati nyomószilárdsági osztály meghatározásának nehézsége abból származik, hogy míg a nyomószilárdság átlag értékét (f_{cm}) laboratóriumi, esetleg helyszíni méréssel meg lehet határozni (mert fizikai, mechanikai tulajdonság), addig nyomószilárdság alulmaradási hányadhoz tartozó jellemző (karakterisztikus) értékének ($f_{ck} = f_{cm} - \Delta$) számítási módját szabványok, szabályzatok, műszaki előírások írják elő (mert gazdaságpolitikai sajátság),

ahol Δ az alulmaradási tágasság

– 1980 | 1980 – 2002 | 2002 –



A beton nyomószilárdsága jellemzésének változásai az utóbbi 65 évben

1977 előtt

a nyomószilárdságot 200 mm élhosszúságú próbakockákon vizsgáltuk, amelyeket vegyesen tároltuk.

A betont a nyomószilárdság átlagértékével minősítettük és jelöltük, kp/cm^2-ben. Példa a beton jelére: B 280.

A meg nem felelő tétel elfogadási valószínűsége: 50 %,

az alulmaradási hányad: 2,28 %,

az alulmaradási tényező értéke: 2,0 volt a $K_{átlag} = K_{küszöb}/(1 - 2 \cdot s/K_{átlag}) \rightarrow K_{átlag} - 2 \cdot s = K_{küszöb}$ összefüggésből.

(MSZ 4715:1961, MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1958, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1971)

1977-1980 között

a nyomószilárdságot 200 mm élhosszúságú próbakockákon vizsgáltuk, amelyeket vegyesen tároltuk.

A betont a nyomószilárdság jellemző értékével minősítettük ($R_{k,200,vegyes} = 0{,}7 \cdot R_{m,200,vegyes}$), de még átlagértékével jelöltük, kp/cm²-ben. Például: B 280.

A meg nem felelő tétel elfogadási valószínűsége: 50 %,

az alulmaradási hányad: 2,28 %,

az alulmaradási tényező értéke: 2,0,

a relatív szórás (variációs tényező) értéke: 15 % volt.

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1971)

1980-1982 között

a nyomószilárdságot 200 mm élhosszúságú próbakockákon vizsgáltuk, amelyeket vegyesen tároltuk.

A betont a nyomószilárdság jellemző értékével minősítettük ($R_{k,200,vegyes} = \underline{0,75} \cdot R_{m,200,vegyes}$), de még átlagértékével jelöltük, kp/cm^2-ben. Például: B 280.

A meg nem felelő tétel elfogadási valószínűsége: 50 %,

az alulmaradási hányad: 5,0 %,

az alulmaradási (*Student*) tényező értéke $t_{n>40}$ esetén: 1,645,

a relatív szórás (variációs tényező) értéke: 15 % volt.

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1971 M:1980)

3.5.2. A nyomószilárdság ellenőrzésénél a vizsgálati eredmények R_k jellemző értékét az

$$R_k = R_m - k \cdot t \cdot s$$

kifejezéssel kell meghatározni, ahol

t — a tételbe tartozó beton szilárdsága 5% alulmaradási valószínűséghez tartozó jellemző értékének kiszámítására szolgáló ún. Student-féle tényező, amelyet a 3.5.3., 3.5.6. illetve 3.5.7. szakaszok előírásai szerint kell meghatározni.

s — a szórás, értékét a 3.5.4., 3.5.5. illetve a 3.5.6. szakaszok előírásai szerint kell meghatározni és számításba venni.

A t tényező értékei

3. táblázat

n	10	12	14	16	18	20	25	30	40	> 40
t	1,79	1,77	1,75	1,73	1,72	1,71	1,70	1,69	1,68	1,645

1982-2002 között

a próbatestek 150 mm élhosszúságú kockák és Ø150×300 mm méretű hengerek voltak, amelyeket vegyesen tároltuk.

A betont a vegyesen tárolt Ø150×300 mm méretű hengerek nyomószilárdságának jellemző értékével kellett minősíteni és jelölni, N/mm^2-ben. Például: C 25.

A meg nem felelő tétel elfogadási valószínűsége: 50 %,

az alulmaradási hányad: 5,0 %,

az alulmaradási (*Student*) tényező értéke $t_{n>40}$ esetén: 1,645,

a relatív szórás (variációs tényező) értéke: 15 % volt.

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1982, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1971 M:1982)

2002 óta (amely az európai szabványok bevezetésének az éve) a próbatestek 150 mm élhosszúságú kockák és Ø150×300 mm méretű hengerek, amelyeket végig víz alatt kell tárolni.

2004 óta a kockákat szabad vegyesen is tárolni.

A betont a végig víz alatt tárolt hengerek és kockák nyomószilárdságának jellemző értékével kell minősíteni és jelölni, N/mm^2-ben. Például: C20/25.

A meg nem felelő tétel elfogadási valószínűsége: 70 %,

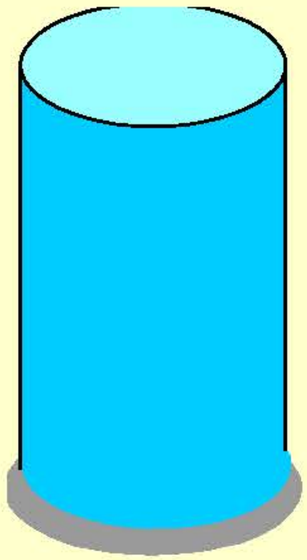
az alulmaradási hányad: 5,0 %,

az alulmaradási (*Taerwe*) tényező értéke $n = 15$ esetén: 1,48.

(MSZ 15022-1:1986, MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 12390-2:2002, MSZ EN 12390-3:2002, *MSZ 4798-1:2004*)

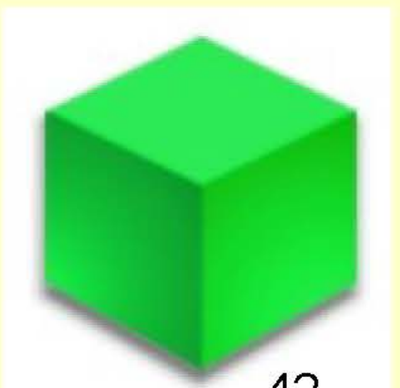
2014-ben
az MSZ EN 206-1:2002 szabványt az MSZ EN 206:2014 szabvány váltotta fel, és az MSZ 4798-1:2004 szabványt visszavonták.

2016. április 1-én
érvényre lépett az MSZ 4798:2016 szabvány (NAD).



Az MSZ EN 206:2014 szabvány (elődjéhez hasonlóan) a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerek és a 150 mm élhosszúságú kockák végig víz alatti tárolása mellett *megengedi* a próbatestek *másféle tárolását* is.

Erre való hivatkozással az MSZ 4798:2016 szabványban (elődjéhez hasonlóan) megengedjük a 150 mm élhosszúságú kockák vegyes tárolását.



Különböző idők nyomószilárdsági osztályainak egymáshoz való viszonya

1999 óta	MSZ ENV 1992-1-1:1999, MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2									
–	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
2002 óta	MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 206:2014, MSZ 4798:2016									
–	C12/15	C16/20	C20/25 C25/30	C25/30	C30/37	C35/45 C40/50	C40/50	C45/55 C50/60	C50/60 C55/67	C55/67
1982-2002 között	MSZ 4719:1982, MSZ 4720-2:1980									
C 4	C 6	C 10 C 12	C 12 C 16	C 16 C 20	C 25 C 30	C 30 C 35	C 35 C 40	C 40 C 45 C 50	C 50 C 55	C 55
1951-1982 között	MNOSZ 934:1951, MNOSZ 15022:1951, MSZ 15022-1:1971 M:1980									
B 140	B 200	B 200 B 280	B 280 B 350	B 350 B 400	B 400 B 500	B 500 B 560	B 560	–	–	–

6.3.3. Az anyag- vagy termékjellemzők tervezési értékei

(1) Az anyag- vagy termékjellemző X_d tervezési értéke a következő általános összefüggéssel határozható meg:

$$X_d = \eta \frac{X_k}{\gamma_m} \qquad (6.3.)$$

A vizsgálati eredményt kell a szabványos értékre átszámítani, és az átszámított vizsgálati eredményt kell az előírt értékkel összevetni.

ahol:

X_k az anyag- vagy termékjellemző karakterisztikus értéke (lásd a 4.2. szakasz (3) bekezdését);

η az átszámítási tényező várható értéke, mely

- a térfogati és mérethatást,
- a nedvességtartalom és a hőmérséklet hatását, és
- más, egyéb lényeges paramétereket

vesz figyelembe.

γ_m az anyag- vagy termékjellemző parciális tényezője, mely

- az anyag- vagy termékjellemző karakterisztikus értéktől való kedvezőtlen irányú eltérésének lehetőségét;
- az η átszámítási tényező véletlenszerű pontatlanságait

veszi figyelembe.

2005. augusztus

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN 1990

Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

$$E_d \le R_d$$

ahol:

E_d az igénybevételek tervezési értéke, úgy kat tartalmazó vektormennyiség;

R_d a megfelelő ellenállás tervezési értéke.

6.3.5. Az ellenállás tervezési értéke

(1) Az ellenállás R_d tervezési értéke a következő

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R\{X_{d,i}; a_d\} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R\left\{\eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{m,i}}; a_d\right\}$$

ahol:

a_d a geometriai jellemző tervezési értéke

γ_{Rd} az ellenállás parciális tényezője, mely az jellemzők bizonytalanságait veszi figyele 6.3.4. szakasz (2) bekezdését);

$X_{d,i}$ az *i*-edik anyagjellemző tervezési értéke.

A vizsgálati eredményt kell a szabványos értékre átszámítani, és az átszámított vizsgálati eredményt kell az előírt értékkel összevetni.

D7.2. A karakterisztikus értéken alapuló eljárás

(1) Az X jellemző tervezési értéke a következő összefüggéssel határozható meg:

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_X \{1 - k_n V_X\} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} (m_X - k_n \cdot s_X) \rightarrow X_d = f_{ck} \cdot \eta_d \quad \text{(D1.)}$$

= 1,0

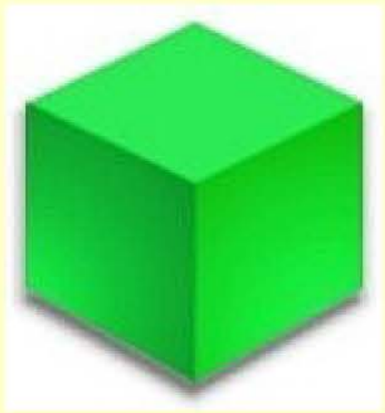
↖ pld. t_n = Student-tényező

ahol:

η_d az átszámítási tényező tervezési értéke.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a betonok megfelelőségét nyomószilárdságra általában 28 napos korú, 150 mm élhosszúságú próbakockák vizsgálatával ellenőrizzük, és a nyomószilárdság vizsgálati eredményt ($f_{ck,cube,test}$) a próbakockákra vonatkozó követelmény értékkel ($f_{ck,cube}$) vetjük össze:

$$f_{c,cube,test} \geq f_{c,cube}$$



Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („reviewed paper").

Hauptaufsatz

Umrechnung der Druckfestigkeit von zwischen 1943 und 1972 hergestellten Betonen auf charakteristische Werte

J. Schnell, M. Loch, N. Zhang

Band 85, Dezember 2010 Copyright Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf Bauingenieur

Entsprechend [5] wird der Umrechnungsfaktor $k_{cyl/cube}$ für die Umrechnung zwischen Würfelproben mit 150 mm Kantenlänge und Zylinderproben mit 150 mm Durchmesser und 300 mm Höhe mit einem mittleren Wert für alle Festigkeitsklassen mit 0,82 gewählt:

$$\frac{f_{c,cyl}}{f_{c,cube150}} = k_{cyl/cube} = 0{,}82$$

víz alatt tárolt kocka és henger

mit:

$f_{c,cube150}$ Betondruckfestigkeit eines Würfels mit 150 mm Kantenlänge,

$f_{c,cube200}$ Betondruckfestigkeit eines Würfels mit 200 mm Kantenlänge,

$f_{c,cyl}$ Betondruckfestigkeit eines Zylinders ($Ø/h$ = 150/300 mm).

[5] DIN EN 206–1:2001–07: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206–1:2000.

[6] DIN 1045–2:2008–08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206–1.

[8] DIN EN 12390–2:2009–08: Prüfung von Festbeton – Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen; Deutsche Fassung EN 12390–2:2009.

Da die Lagerungsbedingungen in [12] weitestgehend der „Trockenlagerung" im nationalen Anhang von [8] entsprechen, kann der Umrechnungsfaktor k_L für Normalbeton entsprechend [6] festgelegt werden.

Lásd még: *Hilsdorf, H. K.*: „Beton". Beton-Kalender 1992., Teil I., p. 40.)

[12] DIN 1048:1943-x: Teil D – Bestimmungen für Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton.

$$\frac{f_{c,cube150}}{f_{c,dry}} = k_L = 0{,}92$$

mit:

$f_{c,cube150}$ Betondruckfestigkeit eines Würfels mit 150 mm Kantenlänge bei 28-tägiger Lagerung unter Wasser,

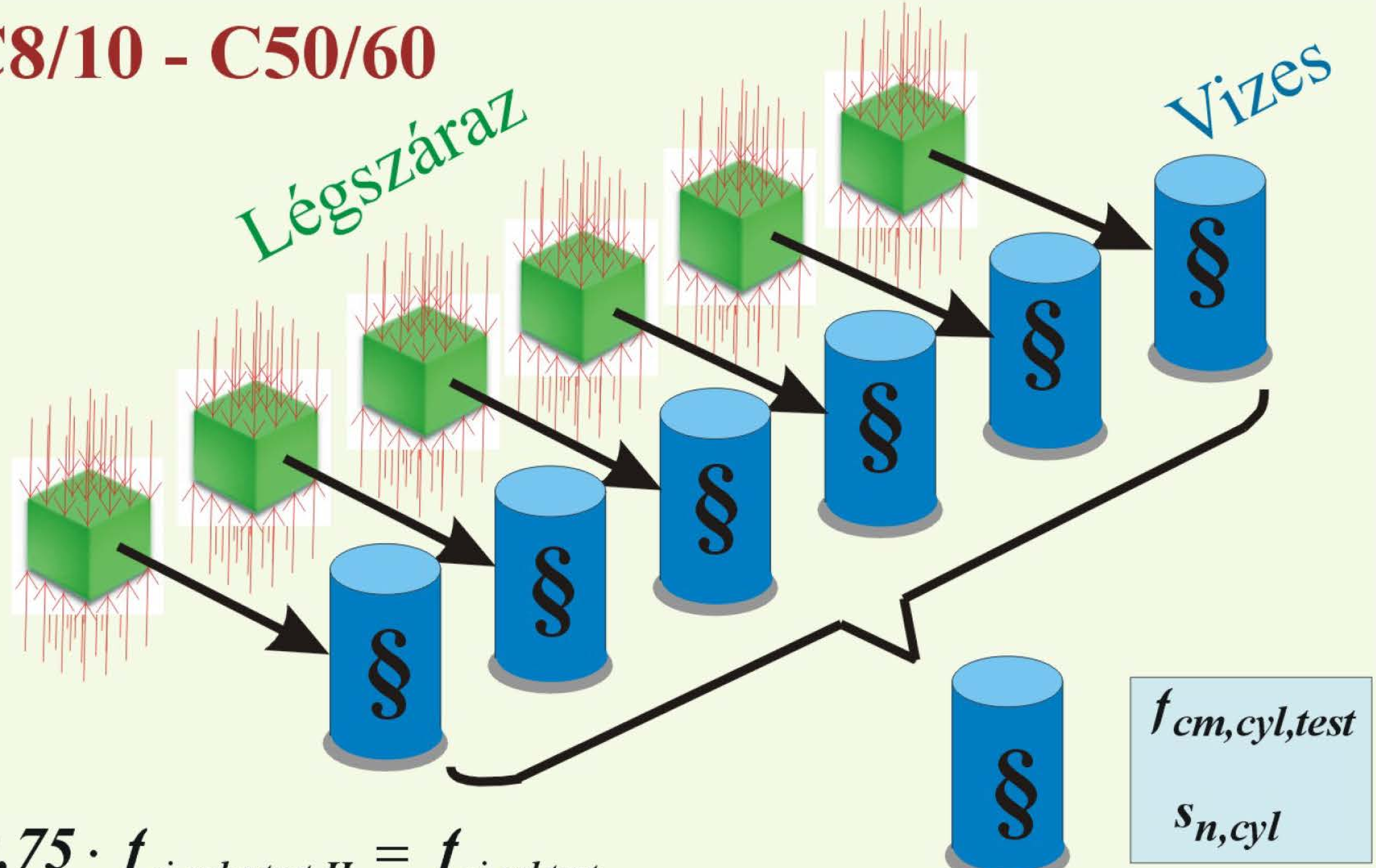
$f_{c,dry}$ Betondruckfestigkeit eines Würfels mit 150 mm Kantenlänge bei Trockenlagerung.

$0{,}82 \times 0{,}92 = 0{,}7544 \sim 0{,}75$

ezért:

$$f_{ci,cyl} = 0{,}75 \times f_{ci,cube,H}$$

C8/10 - C50/60



$$0,75 \cdot f_{ci,cube,test,H} = f_{ci,cyl,test}$$

$$f_{ck,cyl} \leq f_{cm,cyl,test} - \lambda_n \cdot s_{n,cyl} = f_{ck,cyl,test}$$

(C55/67 – C100/115 között: $0,8 \cdot f_{ci,cube,test,H} = f_{ci,cyl,test}$)

Hilsdof és Schnell et al. féle henger-kocka nyomószilárdság átszámítási képletek, ha ≤ C50/60

Nyomószilárdsági osztály ≤ C50/60

	VEGYESEN	VÍZ ALATT
TÁROLT	$f_{ci,cyl,H} = 0,78 \times f_{ci,cube,H}$	$0,92 \times f_{ci,cube,H} = f_{ci,cube}$
	$1,18 \times f_{ci,cyl,H} = f_{ci,cyl}$	$0,75 \times f_{ci,cube,H} = f_{ci,cube}$
	$0,97 \times f_{ci,cyl,H} = f_{ci,cyl}$	$f_{ci,cyl} = 0,82 \times f_{ci,cube}$

KOCKA

HENGER

TÁROLT

TÁROLT

Kausay

Kausay

Hilsdof és *Schnell* et al. féle henger-kocka nyomószilárdság átszámítási képletek, ha ≥ C55/67

Nyomószilárdsági osztály ≥ C55/67

	HENGER	KOCKA
TÁROLT	Ø150×300 csiszolt	150
	$f_{ci,cyl} = 0,84 \times f_{ci,cube}$	
VÍZ ALATT	$f_{ci,cyl} = 0,80 \times f_{ci,cube,H} = 0,95 \times f_{ci,cube}$	

Nyomott felület kialakítása	Felső lap simított (habarcsolva)	Felső lap csiszolt, alsó lapja natúr	Mind a két lap csiszolt
Végig víz alatt tárolt Φ150·300 mm méretű próbahengerek	Töréskor nem robbantak	Töréskor robbantak	Töréskor robbantak
Átlagos nyomószilárdság, N/mm²	42,8	51,4	52,7
Nyomószilárdság, %	100,0	120,0	123,1
Szórás, N/mm²	1,68	0,67	1,64
Mértékadó szórás, N/mm²	3,00	3,00	3,00
Student-tényező, $n = 3$	2,92	2,92	2,92
Jellemző érték, N/mm²	34,06	42,63	43,94
Nyomószilárdsági osztály	C30/37	C40/50	C40/50
Szórás a terjedelemből. N/mm²	1,95	0,71	1,89
Mértékadó szórás, N/mm²	3,00	3,00	3,00
Student-tényező, $n = 3$	2,92	2,92	2,92
Jellemző érték, N/mm²	34,06	42,63	43,94
Nyomószilárdsági osztály	C30/37	C40/50	C40/50

Nyomott felület kialakítása	Felső lap simított (habarcsolva)	Felső lap csiszolt, alsó lapja natúr	Mind a két lap csiszolt
Végig víz alatt tárolt Φ150·300 mm méretű próbahengerek	Töréskor nem robbantak	Töréskor robbantak	Töréskor robbantak
Átlagos nyomószilárdság, N/mm²	42,8	51,4	52,7
Nyomószilárdság, %	100,0	120,0	123,1
Szórás, N/mm²	1,68	0,67	1,64
Mértékadó szórás, N/mm²	3,00	3,00	3,00
Student-tényező, n = 3	2,92	2,92	2,92
Jellemző érték, N/mm²	34,06	42,63	43,94
Nyomószilárdsági osztály	C30/37	C40/50	C40/50
Szórás a terjedelemből. N/mm²	1,95	0,71	1,89
Mértékadó szórás, N/mm²	3,00	3,00	3,00

A csiszolt Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságának jellemző értéke akár meg is haladhatja a 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságának jellemző értékét.

A nyomószilárdságot az MSZ EN 12390-3 szerint kell meghatározni, azzal a kiegészítéssel, hogy azoknak a próbatesteknek a teherviselésre szánt felületét, amelyek mérete vagy alakja az MSZ EN 12390-1 előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak megfelel, az MSZ EN 12390-3 szabvány 5. fejezete, illetve A melléklete szerint kiigazítani indokolatlan (értelmezésem szerint nem szabad!).

Az MSZ EN 12390-1 előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak meg nem felelő méretű vagy alakú próbatestek csiszolással történő kiigazítása az MSZ 4798:2016 szabvány szerint nem javasolt (nem szabad!), mert a korrekciós tényezőnek jelenleg nincs közmegegyezéssel elfogadott értéke.

Az MSZ EN 12390-3 szabvány 5.2. szakasz első mondata úgy értelmezendő, hogy a nyomószilárdság vizsgálati próbatestek méretét az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete szerint meg kell vizsgálni, és ha a próbatest mérete az MSZ EN 12390-1 szerinti méretekre előírt mérettűréseken kívül esik, akkor a próbatestet nyomószilárdság vizsgálat előtt vagy kalcium-aluminát cementhabarccsal vagy kénkeverékkel vagy homokdoboz módszerrel ki kell igazítani, vagy a nyomószilárdság vizsgálatból ki kell hagyni.

2010 óta

a betonszerkezetek tervezését az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) méretezési szabvány alapján kell végezni.

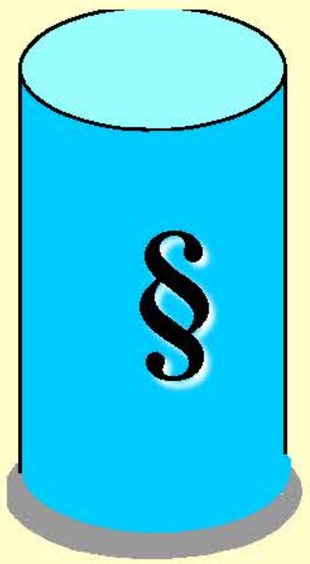
Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint

a meg nem felelő tétel elfogadási valószínűsége: 50 %,

az alulmaradási hányad: 5,0 %,

az alulmaradási (*Student*) tényező értéke $t_{n>40}$ esetén: 1,645.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány a beton nyomószilárdsága alatt a 28 napos korú, végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű hengerek szilárdságát érti,



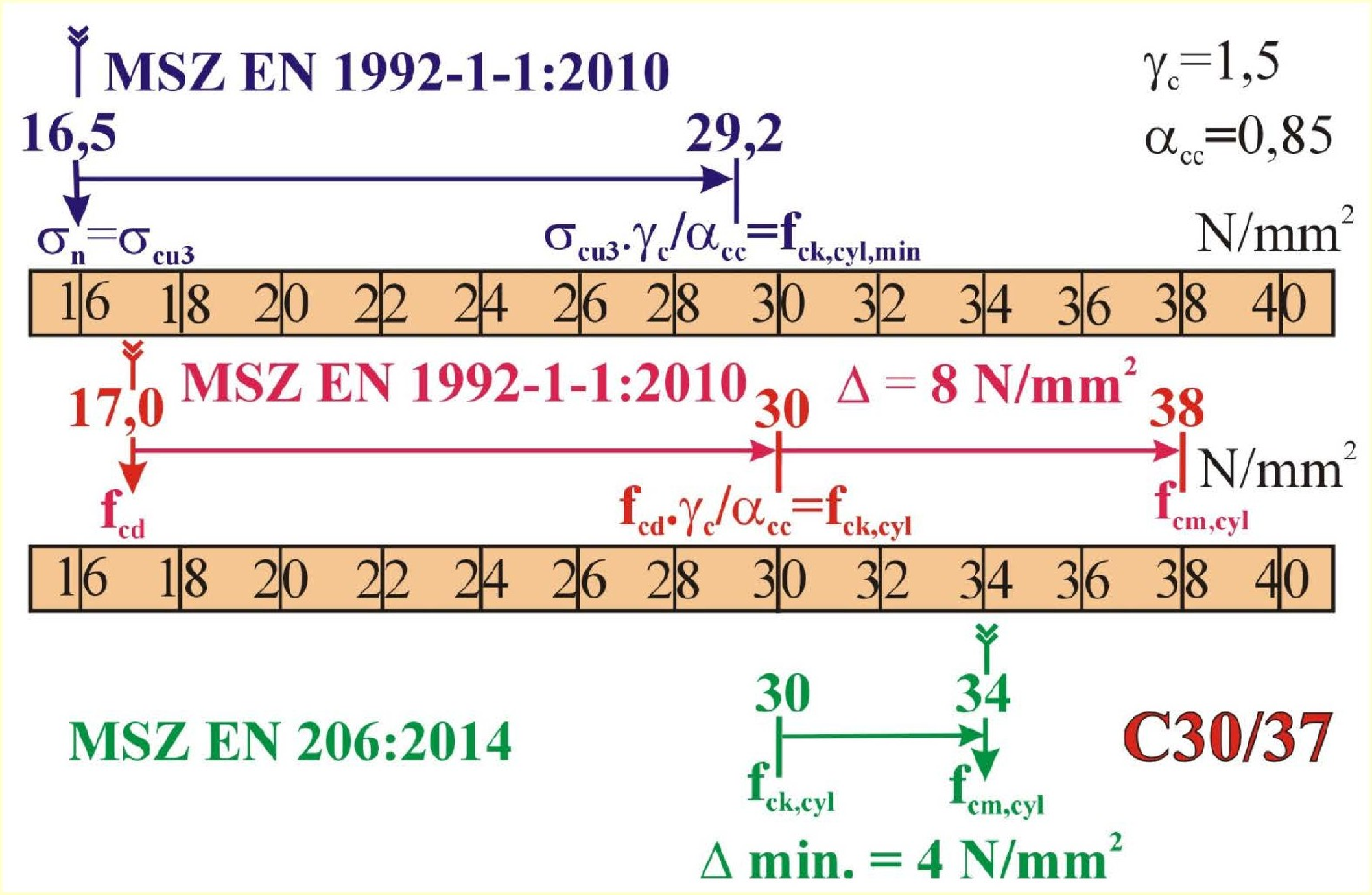
a beton nyomószilárdságának megfelelőségét a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas, végig víz alatt tárolt próbahengerek nyomószilárdsága alatt ítéli meg, következésképpen a megfelelőségi feltételek is ezekre a hengerekre vonatkoznak.

MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és épületekre vonatkozó szabályok

3.1. táblázat: A betonok szilárdsági és alakváltozási jellemzői

Betonszilárdsági osztályok														Analitikus összefüggés/magyarázat
f_{ck} [MPa]	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ [MPa]	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} [MPa]	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm}=f_{ck}+8$ [MPa]
f_{ctm} [MPa]	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm}=0,30f_{ck}^{(2/3)} \leq$ C50/60 $f_{ctm}=2,12\times\ln[1+(f_{cm}/10)]$ >C50/60
$f_{ctk,0,05}$ [MPa]	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk0,05}=0,7f_{ctm}$ 5%-os kvantilis
$f_{ctk,0,95}$ [MPa]	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk0,95}=1,3f_{ctm}$ 95%-os kvantilis
E_{cm} [GPa]	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm}=22(f_{cm}/10)^{0,3}$ (f_{cm} MPa-ban)
ε_{c1} [‰]	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	lásd a 3.2. ábrát ε_{c1}[‰]=$0,7f_{cm}^{0,31} \leq 2,8$
ε_{cu1} [‰]	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	lásd a 3.2. ábrát ha $f_{ck} \geq 50$ MPa: ε_{cu1}[‰]=$2,8+27[(98-f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} [‰]	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	lásd a 3.3. ábrát ha $f_{ck} \geq 50$ MPa: ε_{c2}[‰]=$2,0+0,085(f_{ck}-50)^{0,53}$
ε_{cu2} [‰]	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	lásd a 3.3. ábrát ha $f_{ck} \geq 50$ MPa: ε_{cu2}[‰]=$2,6+35[(90-f_{ck})/100]^4$
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	ha $f_{ck} \geq 50$ MPa: $n=1,4+23,4[(90-f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} [‰]	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	lásd a 3.4. ábrát ha $f_{ck} \geq 50$ MPa: ε_{c3}[‰]=$1,75+0,55[(f_{ck}-50)/40]$
ε_{cu3} [‰]	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	lásd a 3.4. ábrát ha $f_{ck} \geq 50$ MPa: ε_{cu3}[‰]=$2,6+35[(90-f_{ck})/100]^4$

A beton nyomószilárdsága tervezési, jellemző és átlag értékének összevetése a tartós szilárdság figyelembevételével



γ_c a beton σ_{cu3} nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője

α_{cc} a beton σ_{cu3} nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója, 100 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén α_{cc} = 0,85

Kísérlettel segített (statikai) tervezés során – amikor a szórás számítható – a jellemző (karakterisztikus) érték számításának módszere az MSZ EN 1990:2011 szabványban (D7. szakasz)

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN 1990

Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

– Általában az „ismeretlen V_X" sort kell alkalmazni abban az esetben, ha a V_X előzetes adatok alapján még nem ismert, és azt a mintából kell meghatározni a következők szerint:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1}\sum (x_i - m_x)^2$$

$$V_x = s_x / m_x$$

Az anyagtulajdonságok jellemző értékét az MSZ EN 1990:2011 Eurocode) D7. mellékletének ajánlott módszere szerint például az 5 %-os alulmaradási hányaddal kell kiszámítani: $X_k = X_m \times (1 - k_n \times V) = X_m - k_n \times s$, ahol X_m az átlagérték, k_n az alulmaradási tényező, $V = s/X_m$ a variációs tényező (variációs együttható, vagy relatív szórás), s a korrigált tapasztalati szórás.

(3) A γ_m parciális tényezőt általában a kísérleti eredmények alkalmazási területének figyelembevételével kell megválasztani.

A k_n értékek lényegében a *Student*-tényezők:

D1. táblázat: A k_n értékei az 5%-os karakterisztikus érték meghatározásához

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
Ismert V_X	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
Ismeretlen V_X	–	–	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

1. MEGJEGYZÉS: Ez a táblázat normális eloszlás feltételezésével készült.

A gyártó a folyamatos gyártás eredményét az MSZ EN 206:2014 szabvány szerint az

$f_{ck,cube,test} = f_{cm,cube,test} - \lambda \times \sigma_{n,cube}$ **formulával értékeli,**

ahol az alulmaradási tényező: $\lambda = \lambda_{15,\ Taerwe} = 1{,}48$.

Ez az „alulmaradási formula” feltételezi, hogy

1. **a nem megfelelő friss betont nem építjük be, vagy utólag megerősítjük;**
2. **ha a gyártó „kritikusan jó” betont készít, akkor azt a feltételrendszer 0,7 körüli valószínűséggel megfelelőnek minősíti.**

E feltételezéssel szembeni észrevétel:

1. **a friss beton sorsát nem lehet nyomon követni, és a későbbiekben nem lehet megerősíteni;**
2. **szerkezeteink biztonsága szempontjából több mint méltányolható lenne az olyan módszer alkalmazása, amelyben az átadó és az átvevő kockázata nem 30-70 %, hanem 50-50 %.**

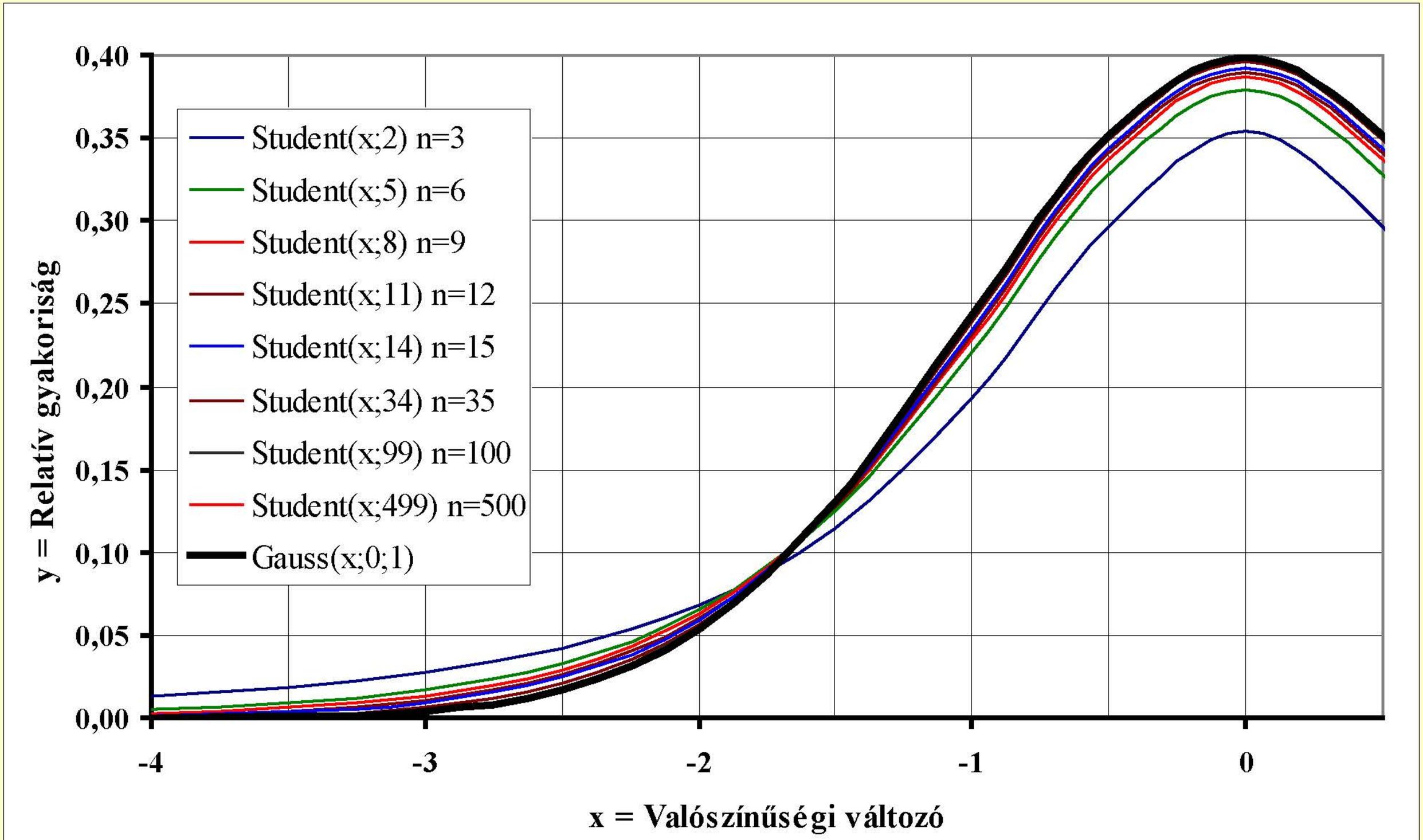
Ezért véleményünk szerint a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelése során, ha összhangban kívánunk maradni az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvánnyal, akkor a folyamatos gyártás során a *Student*-tényezővel kell (kellene) a jellemző (karakterisztikus) értéket kiszámítani:

$$f_{ck,cube,test} = f_{cm,cube,test} - \lambda_{n,Student} \times s_{n,cube,test}$$

Ha feltételezzük, hogy a vizsgálati eredmények egy általunk nem ismert μ várható értékű és σ szórású *Gauss*-féle normális eloszlást követnek, akkor az eloszlás 5%-os kvantilise az $f_{ck,test} = \mu - 1{,}645 \times \sigma$ formulával számolható.

Ha méréseink korlátozott száma miatt nem ismerjük az eloszlás szórását, akkor a valószínűségi változó ún. n - 1 szabadságfokú *Student*-féle t-eloszlást követi, és az 5%-os kvantilis értéke az n mintaszám függvényében a t-eloszlás táblázatból vett értékének segítségével becsülhető.

Ha a minták n száma növekszik, akkor a *Student*-féle t-eloszlás a *Gauss*-féle normális eloszláshoz, az $f_{cm,test}$ tapasztalati átlag a μ elméleti várható értékhez, az s tapasztalati szórás a σ elméleti szóráshoz tart.


0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
y = Relatív gyakoriság
Student(x;2) n=3
Student(x;5) n=6
Student(x;8) n=9
Student(x;11) n=12
Student(x;14) n=15
Student(x;34) n=35
Student(x;99) n=100
Student(x;499) n=500
Gauss(x;0;1)
-4
-3
-2
-1
0
x = Valószínűségi változó

Alulmaradási tényezők

Mintaszám *n*	Szabadságfok a *Student*-féle eloszlás esetén *n* - 1	*Student*-tényező t_n	*Taerwe*-tényező λ_n
	(*Stange – Henning*, 1966)		(*Taerwe*, 1986)
2	1	6,314	
3	2	2,920	2,67
4	3	2,353	2,20
5	4	2,132	1,99
6	5	2,015	1,87
7	6	1,943	1,77
8	7	1,895	1,72
9	8	1,860	1,67
10	9	1,833	1,62
11	10	1,812	1,58
12	11	1,796	1,55
13	12	1,782	1,52
14	13	1,771	1,50
15	14	1,761	*1,48*
20	19	1,729	
30	29	1,699	
∞	∞	*1,645*	

Mind a *Student*-eloszlás alulmaradási tényezője, mind a *Taerwe*-féle $\lambda_{n=15}$ = 1,48-os érték matematikai statisztikailag korrekt, de — és ez a különbség igazi oka — teljességgel eltérő körülmények között.

Az MSZ EN 206:2014 szabványnak (és elődjének) az a komoly hiányossága, hogy a szabványba csak megfelelőségi feltétel került be, a folyamatos nyomon követés és utólagos javítás kötelezettsége nélkül, ami annyiban érthető, hogy végrehajthatatlan lenne.

Hosser, D. – Gensel, D.: **Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis der Betondrickfestikkeit nach prEN 206. TU Braunschweig, IBMB (Inst. F. Baustoffe, Massivbau und Brandschutz) Im Auftrag des Deutschen Beton-Verein E.V. Braunschweig, 1995.**

OC-görbe (Operating characteristic curve)

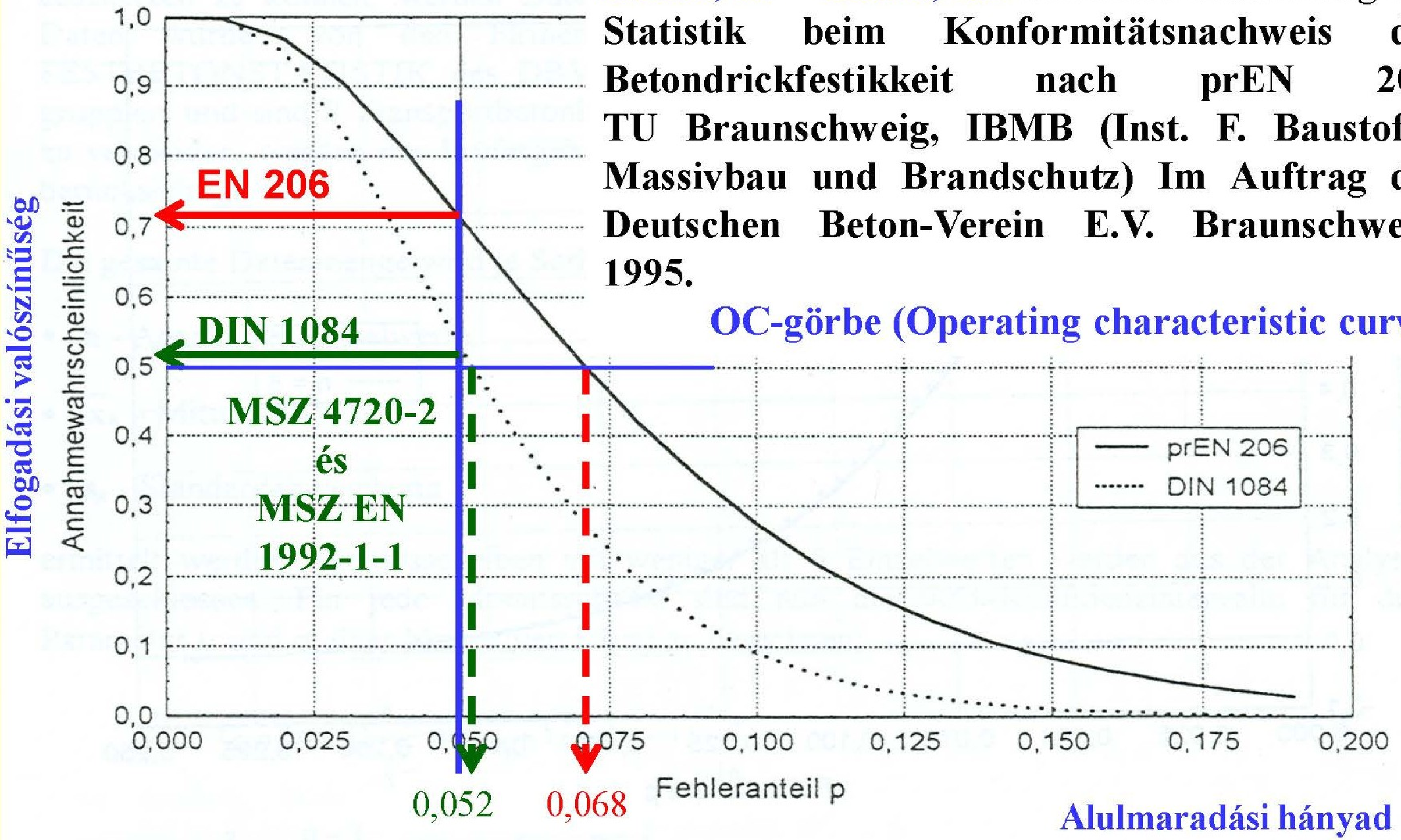


Bild 1: Annahmekennlinien zum Konformitätsnachweis nach prEN 206 und DIN 1084

Elfogadási jelleggörbe (OC-görbe) a megfelelőség igazolásához az EN 206, a DIN 1084 és az MSZ EN 1992-1-1 szabvány szerint

Hosser, D. – Gensel, D.: **Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis der Betondrickfestikkeit nach prEN 206. TU Braunschweig, IBMB (Inst. F. Baustoffe, Massivbau und Brandschutz) Im Auftrag des Deutschen Beton-Verein E.V. Braunschweig, 1995.**

OC-görbe (Operating characteristic curve)

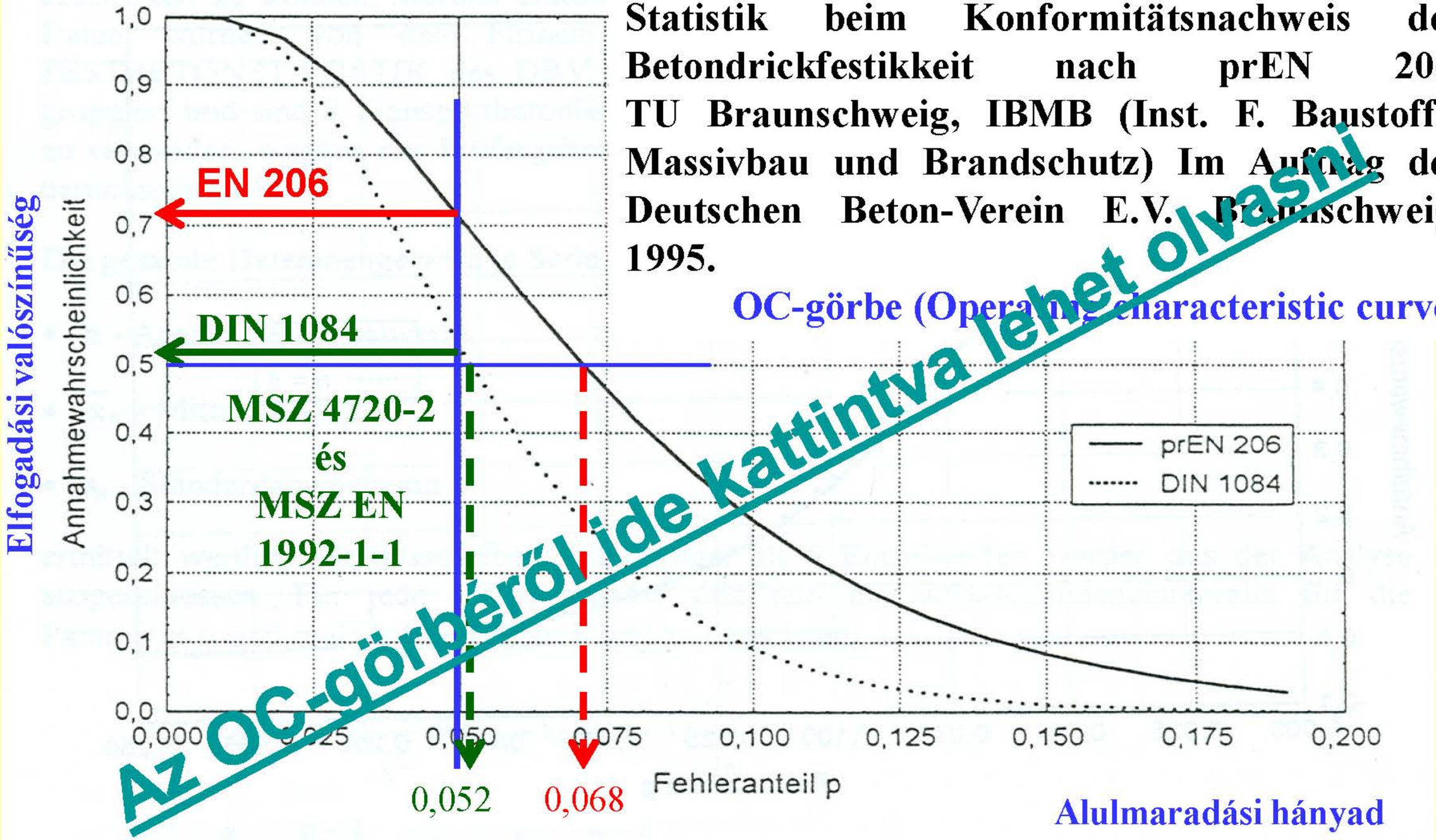


Bild 1: Annahmekennlinien zum Konformitätsnachweis nach prEN 206 und DIN 1084

Elfogadási jelleggörbe (OC-görbe) a megfelelőség igazolásához az EN 206, a DIN 1084 és az MSZ EN 1992-1-1 szabvány szerint

Annex J
(informative)

Deviation to accommodate a notified Spanish Regulation

(1) In the mandatory Spanish Regulation (Instrucción de Hormigón Estructural (in English: Structural Concrete Code), approved 18 July 2008 by Royal Decree 1247/2008), there is the requirement for the consumer risk to be not greater than 50 % where the population in the assessment period has exactly 5 % of all possible results below the characteristic strength. Alteration of this national regulation is outside of the competence of CEN/CENELEC members. For the application of EN 206 in Spain, the national regulation remains valid and Spain is free to use higher coefficients in formulation presented in section 8.2.1.3.2 (method B).

J függelék
(tájékoztatás)

Eltérés egy közzétett spanyol rendelet alkalmazásához

(1) Az „Instrucción de Hormigón Estructural” (Szabályok betonok méretezésére beton tartószerkezetekben) rendelkező spanyol előírás, amelyet 2008. július 18-án a 1247/2008. számú Királyi Rendelettel hagytak jóvá, tartalmazza azt a követelményt, hogy az átvevő kockázata legfeljebb 50%-os lehet, ha az értékelési időszak alatt az összes lehetséges eredmény alapsokaságának 5%-a a jellemző szilárdsági érték alatt van. Ennek a nemzeti szabályozásnak a megváltoztatása nem tartozik a CEN/CENELEC tagok hatáskörébe. Az EN 206 spanyolországi alkalmazása vonatkozásában továbbra is érvényes ez a nemzeti előírás, és ott magasabb együtthatók használata engedélyezett a 8.2.1.3.2. szakasz (B módszer) szerinti számításokban.

Mi a $W_{\text{Ann}}(0{,}05) = 0{,}5$ szerinti vizsgálati terv?

Ha bevezetjük az adott a *p* alulmaradási hányadú beton elfogadási valószínűségét, A(*p*)-t, — amely azt mondja meg, hogy a *p* alulmaradási hányadú betont milyen valószínűséggel fogjuk elfogadni, — akkor a minőségbiztosítási rendszer $p = 0{,}05$ alulmaradási hányad esetén a következő elfogadási feltétellel jellemezhető:

$$p \times \mathrm{A}(p) \leq 0{,}05 \times \mathrm{A}(p)$$

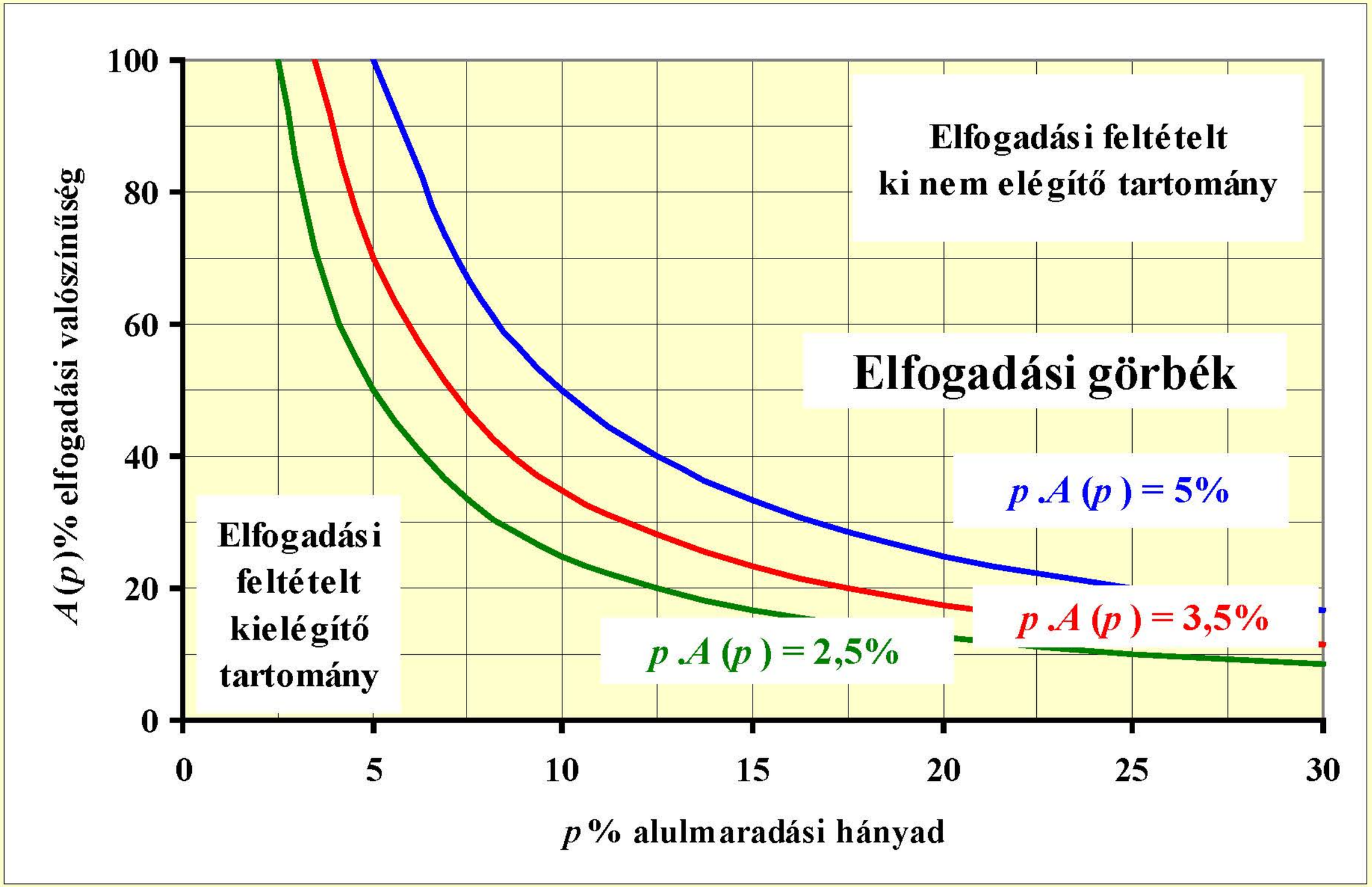
Ha az *elfogadási valószínűség* 50%,

akkor azt így jelöljük: $A(p) = 0{,}5$,

Németországban pedig így jelölik: $W_{\text{Ann}}(0{,}05) = 0{,}5$

A beton gyártója számára olyan minőségbiztosítási rendszer lenne a legkedvezőbb, amelyben ha a gyártó éppen „kritikusan jó” betont gyárt (azaz $p = 5\%$), akkor a beton 100% valószínűséggel ($A(p) = 1,0$) kerülne elfogadásra.

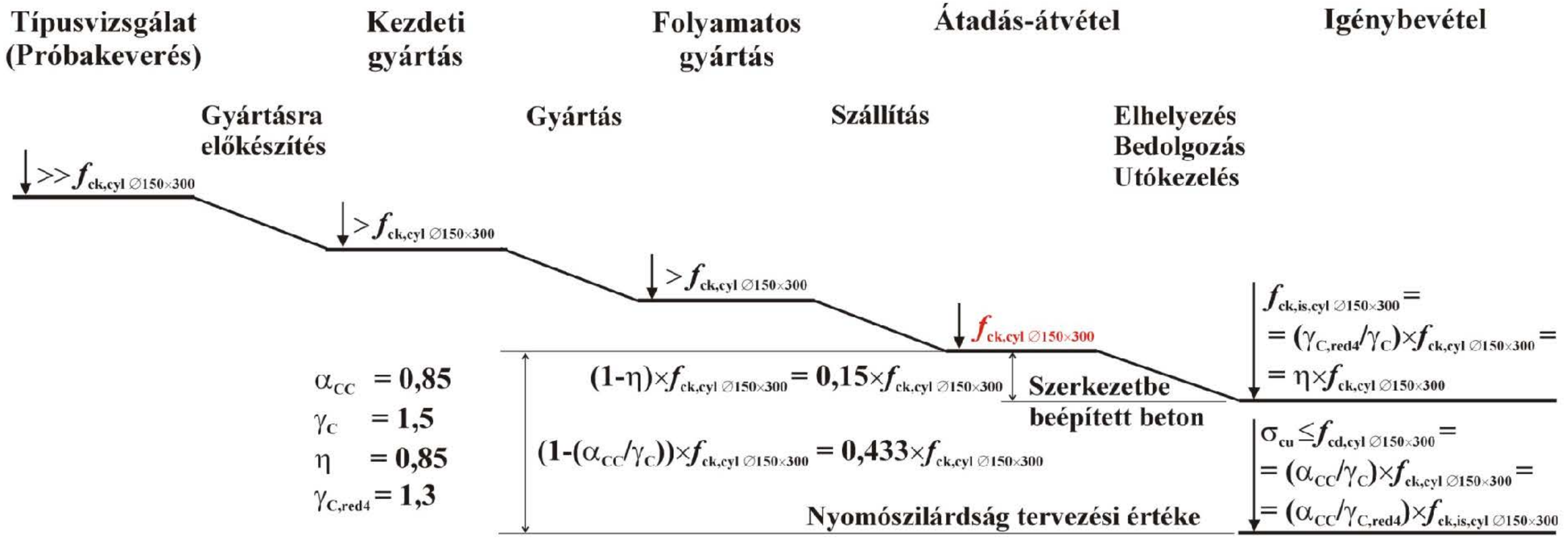
Az ilyen minőségbiztosítási rendszer $p = 0,05$ jellemző érték esetén a $p \times A(p) \leq 0,05 \times 1,0 \rightarrow 5\%$ feltételt teljesíti.



A(p) **a *p* jellemző értékű beton elfogadási valószínűsége. A *p*×A(*p*) elfogadási feltétel értéke:**

***Taerwe*-féle eloszlás esetén: *p*×A(*p*) ≤ 0,05×0,7 = 0,035 → 3,5% (MSZ EN 206:2014)**

***Student*-féle eloszlás esetén: p×A(p) ≤ 0,05×0,5 = 0,025 → 2,5% (MSZ EN 1992-1-1:2010)**



Beton útja a típusvizsgálattól (próbakeveréstől) a szerkezetbe építésig (igénybevételig), avagy a beton nyomószilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értékének ($f_{ck,cyl\ Ø150\times300}$) változása a típusvizsgálat (próbakeverés) és a szerkezetbe építés (igénybevétel) között az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) és MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Nyomószilárdság értékelési rendje az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Nyomószilárdság szerinti megfelelőség értékelése			
a **kezdeti gyártást megelőző** időszakban végzett **típusvizsgálat** eredménye alapján	a **kezdeti gyártás** időszakában végzett gyártásközi ellenőrzés eredménye alapján Megfelelőségi feltétel a kezdeti gyártás során	a **folyamatos gyártás** időszakában végzett gyártásközi ellenőrzés eredménye alapján Megfelelőségi feltétel a folyamatos gyártás során	az **átadás-átvételi** eljárás során a gyártási időszaktól függetlenül
Megfelelőség értékelés résztvevői			
Típusvizsgálat értékelése, felügyelete és tanúsítása : Gyártó Felügyelő (tanúsító) szervezet Vizsgáló laboratórium	Gyártásközi ellenőrzés értékelése, felügyelete és tanúsítása : Gyártó Felügyelő (tanúsító) szervezet Vizsgáló laboratórium	Gyártásközi ellenőrzés értékelése, felügyelete és tanúsítása : Gyártó Felügyelő (tanúsító) szervezet Vizsgáló laboratórium	Átadás-átvételi eljárás során: Gyártó Vevő Vizsgáló laboratórium
A 150 mm élhosszúságú, 28 napos korú próbakockák, illetve ilyenek alkotta minták átlagos nyomószilárdságának ($f_{cm,cube,test}$,$f_{cm,cube,test,H}$) megfelelősége, N/mm²			
Lásd a következő táblázatot			Lásd a következő diákat

Nyomószilárdság értékelési rendje az MSZ 4798:2016 szabvány szerint, ha az elfogadási valószínűség $p = 0{,}05$ alulmaradási hányad esetén $A_{(0,05)}{}^{\%} = 70\%$

Nyomószilárdság szerinti megfelelőség értékelése			
a **kezdeti gyártást megelőző** időszakban végzett **típusvizsgálat** eredménye alapján	a **kezdeti gyártás** időszakában végzett **gyártásközi ellenőrzés** eredménye alapján Megfelelőségi feltétel a kezdeti gyártás során	a **folyamatos gyártás** időszakában végzett **gyártásközi ellenőrzés** eredménye alapján Megfelelőségi feltétel a folyamatos gyártás során	az **átadás-átvételi** eljárás során **a gyártási időszaktól függetlenül**
A 150 mm élhosszúságú, 28 napos korú próbakockák, illetve ilyenek alkotta minták átlagos nyomószilárdságának ($f_{cm,cube,test}$, $f_{cm,cube,test,H}$) megfelelősége, N/mm²			
$\leq$ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$ $\leq$ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$ $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$ $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$	$\leq$ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$ $\leq$ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$ $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$ $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$	$\leq$ C50/60 és $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test}$ $\leq$ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test,H}$ $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test,H}$ ha $n < 15$, akkor 1,48 helyett λ_n írandó, és ahol λ_n a *Taerwe*-tényező és $\sigma_{cube,test} \rightarrow s_{cube,test}$ stb.	$\leq$ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 4{,}0$ $\leq$ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 4{,}5$ $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$ $\geq$ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 6{,}5$

Az elfogadási (átvételi) valószínűség
$p = 0{,}05$ alulmaradási hányad esetén $A_{(0,05)}^{\%} = 70\%$

Folytatni kell a típusvizsgálatot

Nem

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Igen

Típusvizsgálat (*A5. melléklet*) ① ❶

≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$

Kezdeti gyártás (8.2.1.3. *"A" módszer*) ②

≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Igen

Folyamatos gyártás (8.2.1.3. *"B" módszer*) ③

$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test}$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test,H}$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test,H}$
ha $n < 15$, akkor 1,48 helyett λ_n írandó

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Igen

Nem

A típusvizsgálat feltételeit kielégítő betonösszetétel alkalmazásával kell a folyamatos gyártást végezni, és a 8.2.1.3. "D" módszer szerint kell a nyomószilárdság megfelelőségét ellenőrizni.

Igen

Folyamatos gyártás (8.2.1.3. *"D" módszer*) ❷

$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 1{,}48 \times s_{cube,test}$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 1{,}48 \times s_{cube,test,H}$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 1{,}48 \times s_{cube,test,H}$
ha $n < 15$, akkor 1,48 helyett λ_n írandó

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Nem

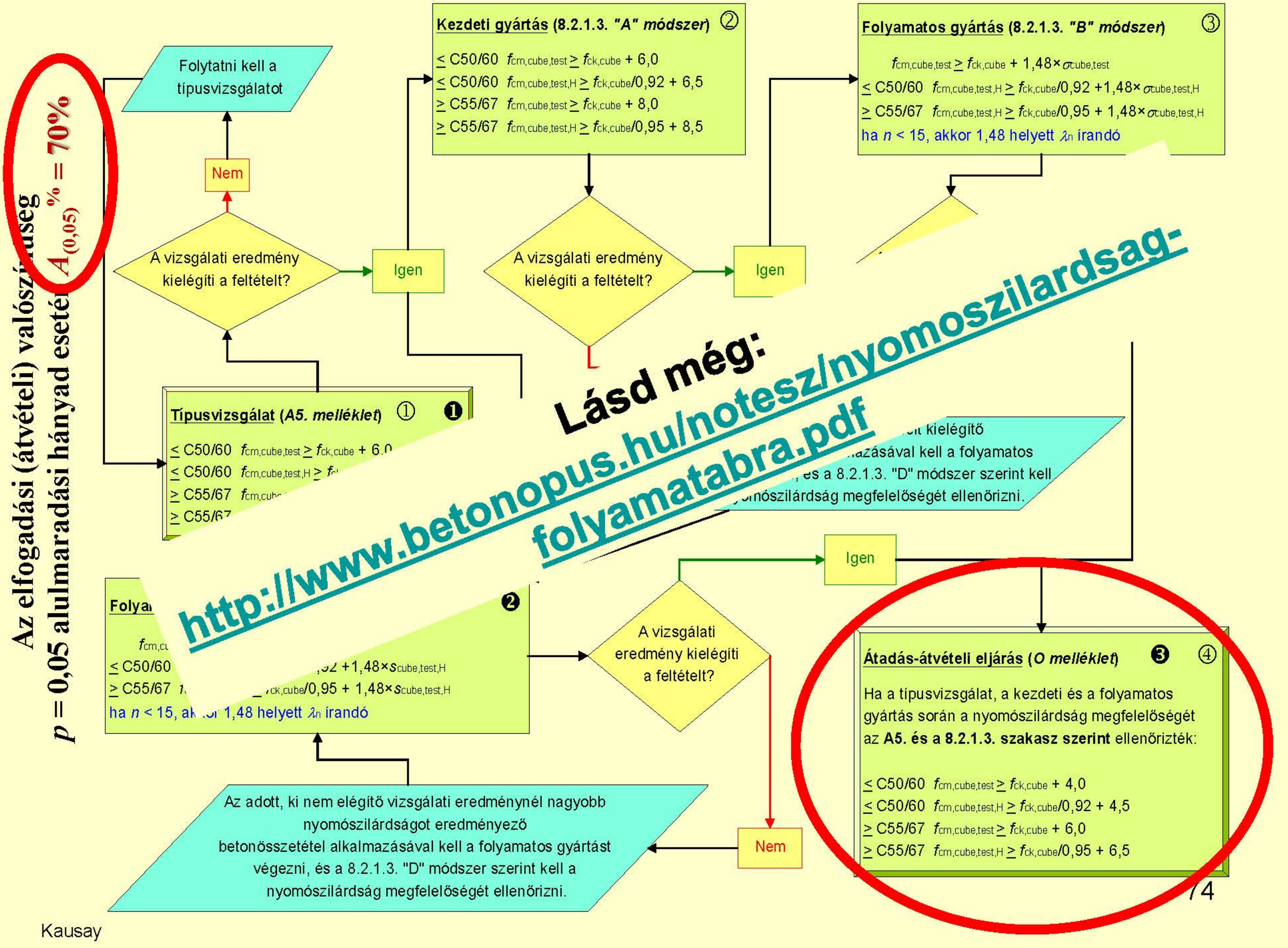
Az adott, ki nem elégítő vizsgálati eredménynél nagyobb nyomószilárdságot eredményező betonösszetétel alkalmazásával kell a folyamatos gyártást végezni, és a 8.2.1.3. "D" módszer szerint kell a nyomószilárdság megfelelőségét ellenőrizni.

Átadás-átvételi eljárás (*O melléklet*) ❸ ④

Ha a típusvizsgálat, a kezdeti és a folyamatos gyártás során a nyomószilárdság megfelelőségét az **A5. és a 8.2.1.3. szakasz szerint** ellenőrizték:

≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 4{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 4{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 6{,}5$

Kausay


Az elfogadási (átvételi) valószínűség
$p = 0{,}05$ alulmaradási hányad esetén $A_{(0,05)}\% = 70\%$
Folytatni kell a típusvizsgálatot
Nem
A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?
Igen
Kezdeti gyártás (8.2.1.3. "A" módszer) ②
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$
A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?
Igen
Folyamatos gyártás (8.2.1.3. "B" módszer) ③
$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test}$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test,H}$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 1{,}48 \times \sigma_{cube,test,H}$
ha $n < 15$, akkor 1,48 helyett λ_n írandó
Típusvizsgálat (A5. melléklet) ① ❶
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq$
≥ C55/67
Lásd még:
http://www.betonopus.hu/notesz/nyomoszilardsag-folyamatabra.pdf
kielégítő
azásával kell a folyamatos
és a 8.2.1.3. "D" módszer szerint kell
nyomószilárdság megfelelőségét ellenőrizni.
Igen
Folya
❷
$f_{cm,cu}$
≤ C50/60 ,92 +1,48×$s_{cube,test,H}$
≥ C55/67 $f_{ck,cube}/0{,}95 + 1{,}48 \times s_{cube,test,H}$
ha $n < 15$, ak 1,48 helyett λ_n írandó
A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?
Nem
Átadás-átvételi eljárás (O melléklet) ❸ ④
Ha a típusvizsgálat, a kezdeti és a folyamatos gyártás során a nyomószilárdság megfelelőségét az **A5. és a 8.2.1.3. szakasz szerint** ellenőrizték:
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 4{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 4{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 6{,}5$
Az adott, ki nem elégítő vizsgálati eredménynél nagyobb nyomószilárdságot eredményező betonösszetétel alkalmazásával kell a folyamatos gyártást végezni, és a 8.2.1.3. "D" módszer szerint kell a nyomószilárdság megfelelőségét ellenőrizni.

Kausay

Nyomószilárdság értékelési rendje az MSZ 4798:2016 szabvány szerint, ha az elfogadási valószínűség $p = 0{,}05$ alulmaradási hányad esetén $A_{(0,05)}\% = 50\%$

Nyomószilárdság szerinti megfelelőség értékelése			
a **kezdeti gyártást megelőző** időszakban végzett **típusvizsgálat** eredménye alapján	a **kezdeti gyártás** időszakában végzett **gyártásközi ellenőrzés** eredménye alapján **Megfelelőségi feltétel a kezdeti gyártás során**	a **folyamatos gyártás** időszakában végzett **gyártásközi ellenőrzés** eredménye alapján **Megfelelőségi feltétel a folyamatos gyártás során**	az **átadás-átvételi** eljárás során **a gyártási időszaktól függetlenül**
A 150 mm élhosszúságú, 28 napos korú próbakockák, illetve ilyenek alkotta minták átlagos nyomószilárdságának ($f_{cm,cube,test}$, $f_{cm,cube,test,H}$) megfelelősége, N/mm²			
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 7{,}0$ **≤ C50/60** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 7{,}5$ **≥ C55/67** $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 9{,}0$ **≥ C55/67** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 9{,}5$	**≤ C50/60** $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 7{,}0$ **≤ C50/60** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 7{,}5$ **≥ C55/67** $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 9{,}0$ **≥ C55/67** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 9{,}5$	**≤ C50/60 és ≥ C55/67** $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_n \times \sigma_{cube,test}$ **≤ C50/60** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + t_n \times \sigma_{cube,test,H}$ **≥ C55/67** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + t_n \times \sigma_{cube,test,H}$ ahol t_n a *Student*-tényező és $\sigma_{cube,test} \rightarrow s_{cube,test}$ stb.	**≤ C50/60** $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$ **≤ C50/60** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$ **≥ C55/67** $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$ **≥ C55/67** $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$

Az elfogadási (átvételi) valószínűség
$p = 0{,}05$ alulmaradási hányad esetén
$A_{(0,05)}$ % = 50%

Folytatni kell a típusvizsgálatot

Nem

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Igen

Típusvizsgálat (*P2.2.1. szakasz*) ① ❶

≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 7{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 7{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 9{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 9{,}5$

Kezdeti gyártás (P2.2.2. *"A" módszer*) ②

≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 7{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 7{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 9{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 9{,}5$

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Igen

Folyamatos gyártás (P2.2.3. *"B" módszer*) ③

$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_n \times \sigma_{cube,test}$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + t_n \times \sigma_{cube,test,H}$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + t_n \times \sigma_{cube,test,H}$

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Igen

Nem

A típusvizsgálat feltételeit kielégítő betonösszetétel alkalmazásával kell a folyamatos gyártást végezni, és a P2.2.3. "D" módszer szerint kell a nyomószilárdság megfelelőségét ellenőrizni.

Igen

Folyamatos gyártás (P2.2.3. *"D" módszer*) ❷

$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_n \times s_{cube,test}$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + t_n \times s_{cube,test,H}$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + t_n \times s_{cube,test,H}$

A vizsgálati eredmény kielégíti a feltételt?

Nem

Az adott, ki nem elégítő vizsgálati eredménynél nagyobb nyomószilárdságot eredményező betonösszetétel alkalmazásával kell a folyamatos gyártást végezni, és a P2.2.3. "D" módszer szerint kell a nyomószilárdság megfelelőségét ellenőrizni.

Átadás-átvételi eljárás (*P2.2.4. szakasz*) ❸ ④

Ha a típusvizsgálat, a kezdeti és a folyamatos gyártás során a nyomószilárdság megfelelőségét a **P2.2. szakasz szerint** ellenőrizték:

≤ C50/60 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$
≤ C50/60 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$
≥ C55/67 $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$

Kausay

NYOMÓSZILÁRDSÁG ÉRTÉKELÉSE A TRANSZPORTBETON ÁTADÁS-ÁTVÉTELI ELJÁRÁSA SORÁN, HA AZ ALULMARADÁSI TÁGASSÁG KONSTANS

MSZ 4798:2016 ezeket tartalmazza

Elfogadási valószínűség: 70% **Tárolási mód**

MSZ 4798:2016, O melléklet (alulmaradási tágasság konstans)
(Annak ellenére, hogy az átadás-átvételi eljárás során már ismert a szórás)

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 4,0$ **víz alatt**

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,92 + 4,5$ **(mert 4/0,92 = 4,35)** **vegyesen**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6,0$ **víz alatt**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,95 + 6,5$ **(mert 6/0,95 = 6,32)** **vegyesen**

Elfogadási valószínűség: 50% **Tárolási mód**

MSZ 4798:2016, P melléklet (alulmaradási tágasság konstans)
(Annak ellenére, hogy az átadás-átvételi eljárás során már ismert a szórás)

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6,0$ **víz alatt**

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,92 + 6,5$ **(mert 6/0,92 = 6,52)** **vegyesen**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8,0$ **víz alatt**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,95 + 8,5$ **(mert 8/0,95 = 8,42)** **vegyesen**

NYOMÓSZILÁRDSÁG ÉRTÉKELÉSE A TRANSZPORTBETON ÁTADÁS-ÁTVÉTELI ELJÁRÁSA SORÁN, HA AZ ALULMARADÁSI TÁGASSÁG A MINTÁK SZÁMÁNAK ÉS A SZÓRÁSNAK FÜGGVÉNYE

ezek helyett

Az alábbi összefüggésekben $n = 3$, $\lambda_3 = 2{,}67$, $t_3 = 2{,}92$

s_{min} = rendre: 3,0; 3,3; 5,0; 5,3 N/mm^2

Elfogadási valószínűség: 70% **Tárolási mód**

MSZ 4798:2016 szabvány szerint az átadás-átvételi eljárás során nem alkalmazott összefüggések, amelyeket a folyamatos gyártás során alkalmaznak

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + \lambda_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 8{,}0$ **víz alatt**

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + \lambda_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}92 + 8{,}8$ **vegyesen**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + \lambda_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 13{,}3$ **víz alatt**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + \lambda_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}95 + 14{,}2$ **vegyesen**

Elfogadási valószínűség: 50% **Tárolási mód**

MSZ 4798:2016 szabvány szerint az átadás-átvételi eljárás során nem alkalmazott összefüggések, amelyeket a folyamatos gyártás során alkalmaznak

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 8{,}8$ **víz alatt**

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}92 + 9{,}6$ **vegyesen**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 14{,}6$ **víz alatt**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}95 + 15{,}5$ **vegyesen**

NYOMÓSZILÁRDSÁG ÉRTÉKELÉSE A TRANSZPORTBETON ÁTADÁS-ÁTVÉTELI ELJÁRÁSA SORÁN, HA AZ ALULMARADÁSI TÁGASSÁG KONSTANS

MSZ 4798:2016

NYOMÓSZILÁRDSÁG ÉRTÉKELÉSE A TRANSZPORTBETON ÁTADÁS-ÁTVÉTELI ELJÁRÁSA SORÁN, HA AZ ALULMARADÁSI TÁGASSÁG FÜGGVÉNYE

ezek helyett

= 3, λ_3 = 2,67, t_3 = 2,92

,0; 5,3 N/mm²

Elfogadási valószínűség: 70%

Tárolási mód

MSZ 4798:2016, O melléklet (alulmaradási tágasság konstans)
(Annak ellenére, hogy az átadás-átvételi eljárás során már ismert a szórá

vételi eljárás során
folyamatos gyártás során alkalmaznak

≤ C50/60 esetén:	$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 4,0$	$f_{ck,cube} + 8,0$	**víz alatt**
≤ C50/60 esetén:	$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,92 + 4,5$ (mert 4/0,92 = 4,35)	$s_{min} = f_{ck,cube}/0,92 + 8,8$	**vegyesen**
≥ C55/67 esetén:	$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6,0$	$f_{ck,cube} + 13,3$	**víz alatt**
≥ C55/67 esetén:	$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,95 + 6,5$ (mert 6/0,95 = 6,32)	$s_{min} = f_{ck,cube}/0,95 + 14,2$	**vegyesen**

Elfogadási valószínűség: 50%

Tárolási mód

MSZ 4798:2016, P melléklet (alulmaradási tágasság konstans)

vételi eljárás során
(Annak ellenére, hogy az átadás-átvételi eljárás során már ismert a szórá folyamatos gyártás során alkalmaznak

≤ C50/60 esetén:	$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6,0$	$f_{ck,cube} + 8,8$	**víz alatt**
≤ C50/60 esetén:	$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,92 + 6,5$ (mert 6/0,92 = 6,52)	$s_{min} = f_{ck,cube}/0,92 + 9,6$	**vegyesen**
≥ C55/67 esetén:	$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8,0$	$f_{ck,cube} + 14,6$	**víz alatt**
≥ C55/67 esetén:	$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0,95 + 8,5$ (mert 8/0,95 = 8,42)	$s_{min} = f_{ck,cube}/0,95 + 15,5$	**vegyesen**

NYOMÓSZILÁRDSÁG ÉRTÉKELÉSE A TRANSZPORTBETON ÁTADÁS-ÁTVÉTELI ELJÁRÁSA SORÁN, HA AZ ALULMARADÁSI TÁGASSÁG A MINTÁK SZÁMÁNAK ÉS A SZÓRÁSNAK FÜGGVÉNYE

Az alábbi összefüggésekben $n = 3$, $\lambda_3 = 2{,}67$, $t_3 = 2{,}92$

s_{min} = rendre: 3,0; 3,3; 5,0; 5,3 N/mm^2

Elfogadási valószínűség: 50% **Tárolási mód**

MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode (alulmaradási tágasság nem konstans),
tehát amikor a szórás már ismert.

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 8{,}8$ **víz alatt**

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}92 + 9{,}6$ **vegyesen**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 14{,}6$ **víz alatt**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}95 + 15{,}5$ **vegyesen**

Elfogadási valószínűség: 50% Tárolási mód

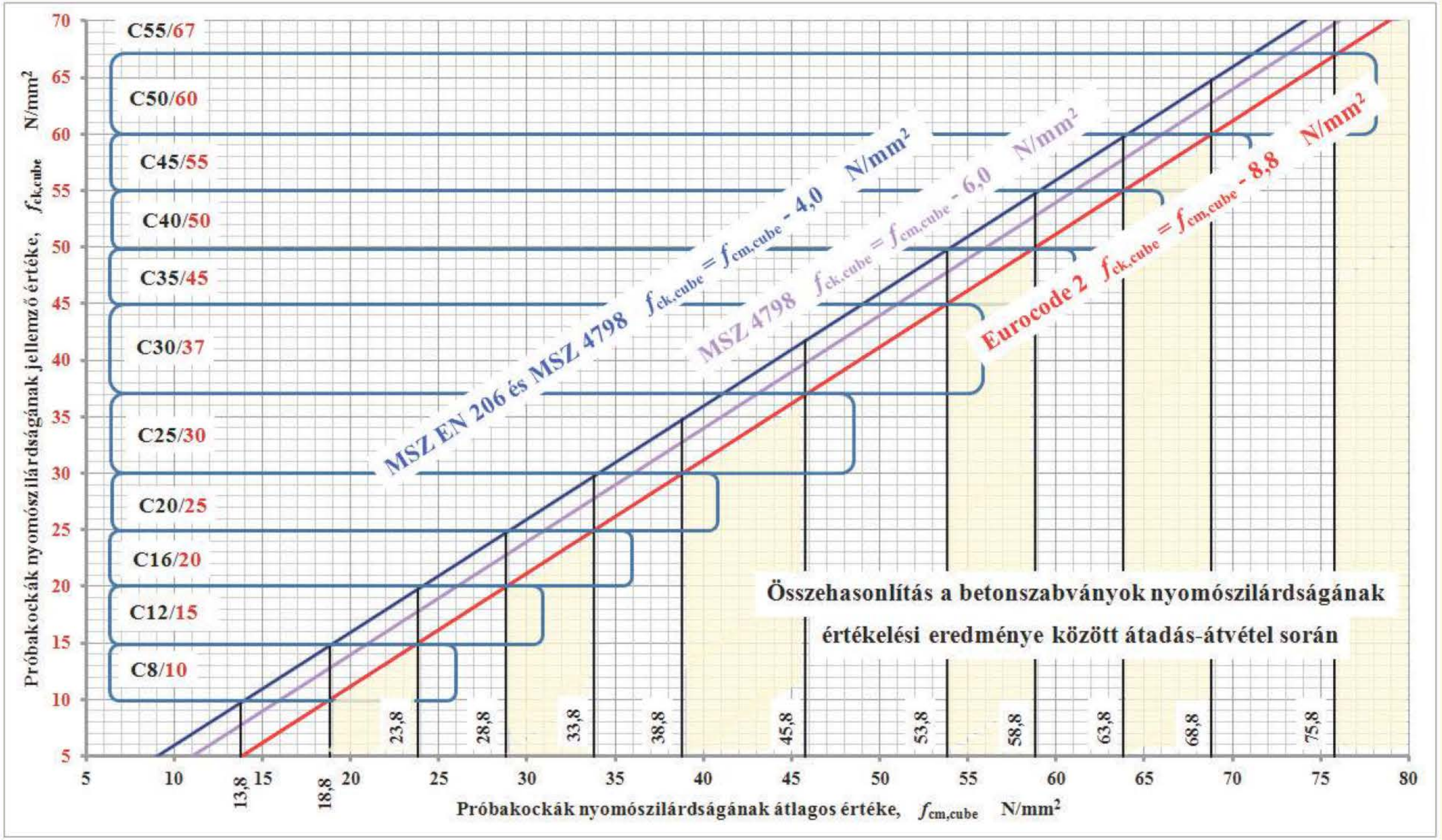
MSZ 4798:2016 szabvány szerint az átadás-átvételi eljárás során nem alkalmazott összefüggések, amelyeket a folyamatos gyártás során alkalmaznak

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 8{,}8$ **víz alatt**

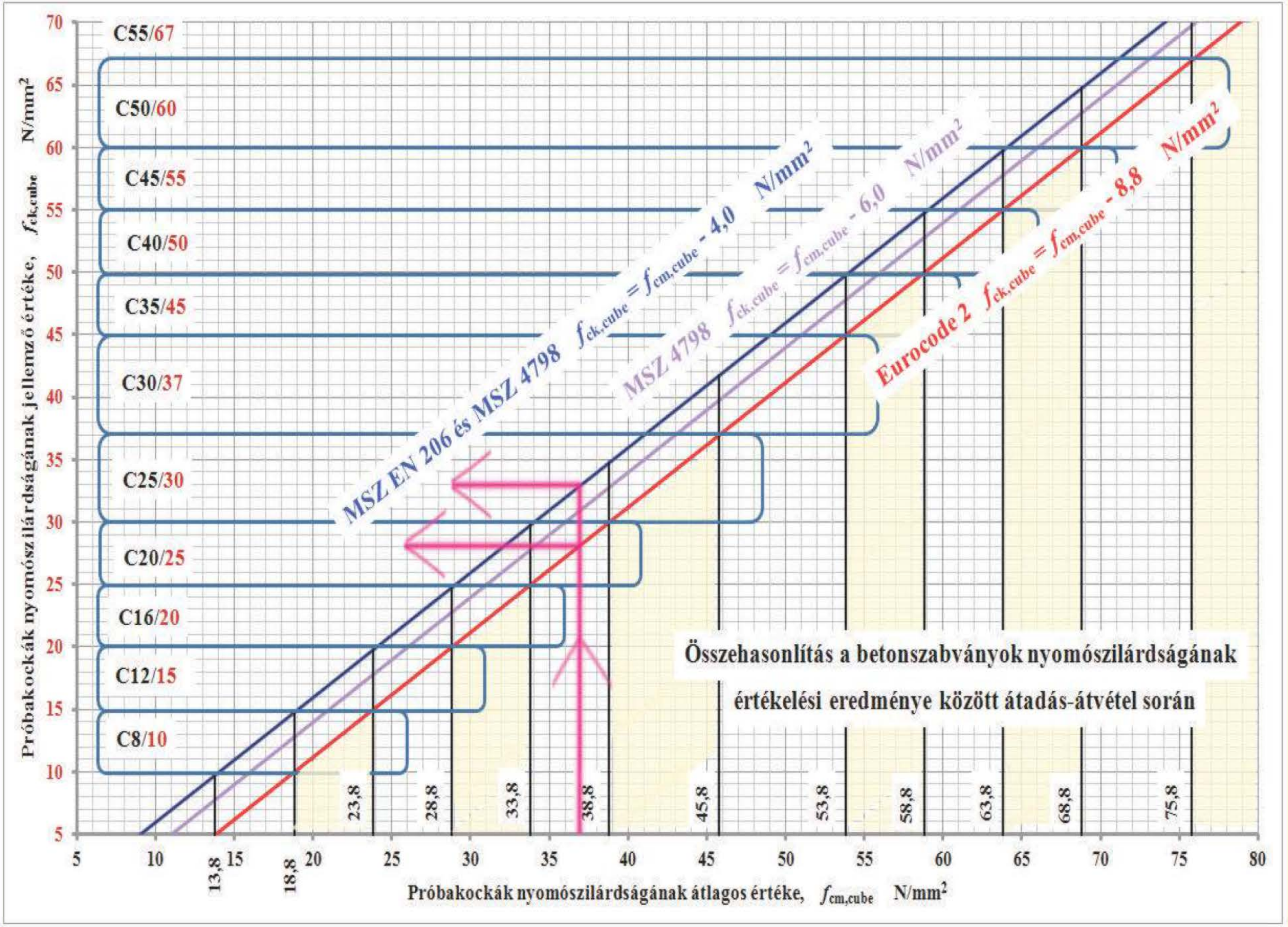
≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}92 + 9{,}6$ **vegyesen**

≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube} + 14{,}6$ **víz alatt**

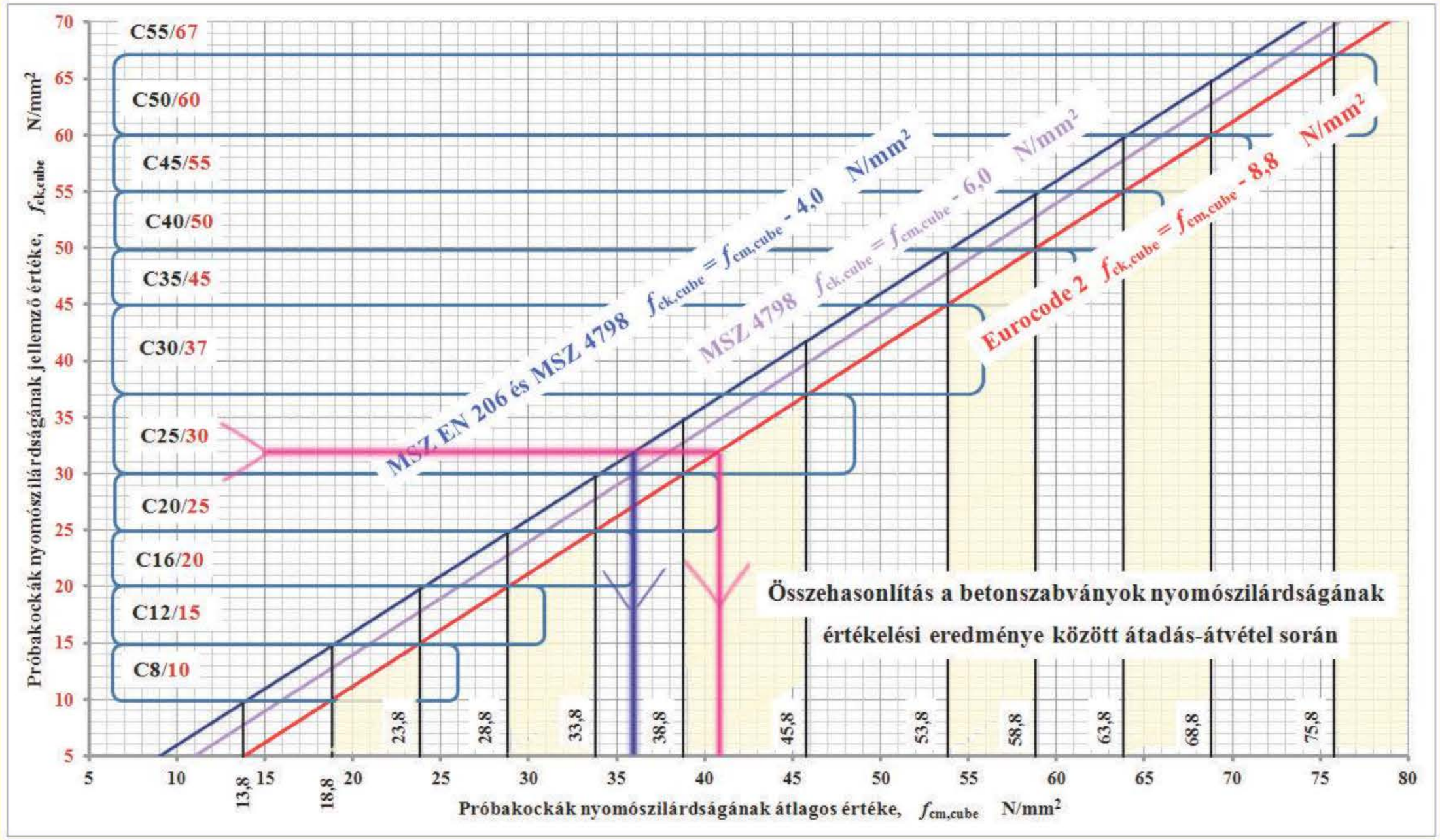
≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + t_3 \times s_{min} = f_{ck,cube}/0{,}95 + 15{,}5$ **vegyesen**



Megállapítás: A betonszabványok sajnos nem akadályozzák meg, hogy a forgalmazott transzportbeton nyomószilárdsági osztálya nagyobb legyen, mint a beton átlagos nyomószilárdságához tartozó, Eurocode szerinti nyomószilárdsági osztály. Például:



Próbakockák nyomószilárdságának jellemző értéke, $f_{ck,cube}$ N/mm²
Próbakockák nyomószilárdságának átlagos értéke, $f_{cm,cube}$ N/mm²
C55/67
C50/60
C45/55
C40/50
C35/45
C30/37
C25/30
C20/25
C16/20
C12/15
C8/10
MSZ EN 206 és MSZ 4798 $f_{ck,cube} = f_{cm,cube} - 4,0$ N/mm²
MSZ 4798 $f_{ck,cube} = f_{cm,cube} - 6,0$ N/mm²
Eurocode 2 $f_{ck,cube} = f_{cm,cube} - 8,8$ N/mm²
Összehasonlítás a betonszabványok nyomószilárdságának
értékelési eredménye között átadás-átvétel során
13,8
18,8
23,8
28,8
33,8
38,8
45,8
53,8
58,8
63,8
68,8
75,8



A beton összetételét az átlagos nyomószilárdság alapján tervezik.
Így az EN 206 szerint és az MSZ 4798:2016 szabvány szerint megfelelő betonnak kisebb lehet az átlagos nyomószilárdsága, ezért nagyobb lehet a víz-cement tényezője, kisebb lehet a cementtartalma stb., mint az Eurocode szerint megfelelő betonnak.
Más szóval nem kizárt, hogy az EN 206 és az MSZ 4798:2016 szerint megfelelő beton cementköve az Eurocode szerint megfelelőénél porózusabb, kisebb szilárdságú, azaz gyengébb minőségű.

Kik az EN 206 betonszabvány szilárdság-értékelési módszerének kárvallottjai?

Kárvallottak:

- **a tervező statikus mérnökök, mert a szerkezeteik olyan betonból készülhetnek, amelyek szilárdsága és tartóssága kisebb, mint amelyet a méretezési modell feltételez;**
- **a cementgyárak, mert kisebb a cement felhasználás;**
- **a beruházó és a társadalom, mert a meg nem felelő beton átvételének valószínűsége nagyobb, a szerkezet biztonsági tartaléka kisebb, a szerkezet hamarabb felújításra szorul, tehát az olcsón épített szerkezet, amely rövid távon gazdaságnak tűnt, hosszú távon drágává válik.**

És kik a szisztéma haszonélvezői?

Haszonélvezői azok a transzportbetongyárak, amelyek a kisebb átlagszilárdságú, olcsóbb betonjuk révén az árversenyből győztesen kerülnek ki, és ezáltal jutnak megrendeléshez.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Der Konformitätsprüfung der Druckfestigkeit von Betonen aus fortlaufender Produktion im Betonwerk nach prEN 206 unterliegt ein deutlich herstellerorientierter Prüfplan. Sie hinterläßt in Lieferlosen für Baustellen mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 20% Minderfestigkeiten von mehr als 5% (5%-Durchschlupfrate). Dagegen zeigt sich der statistische Nachweis der Betondruckfestikeit nach DIN 1084 Teil 3 im Betonwerk als neutraler Prüfplan ($W_{Ann}(0,05)$ = 0,5), dessen 5%-Durchschlupfrate nur 10% beträgt.

Ezért mondja a német kutató, hogy az EN 206 betonszabvány egy „gyártóbarát szabvány”.

Forrás: *Hosser, Dietmar – Gensel, Berndt*: Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis der Betondruckfestoigkeit nach prEN 206. Schlußbericht. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (IBMB) TU Braunschweig. Dezember 1995.

Következtetés:

Legalább a 100 év tervezési élettartamú, ≥ C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonok, valamint a tervezési élettartamtól függetlenül a nagyszilárdságú betonok (≥ C55/67) nyomószilárdsági osztályát több, mint ajánlott az 50%-os elfogadási valószínűség szerint (MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete) meghatározni.

És ezért írja elő a Német Közlekedési Minisztérium (Bundesministerium für Verkehr) 2011. évi irányelve (Nachrechnungsrichtlinie) a régi közúti hidak betonja mai szilárdságának értékeléséhez a DIN EN 1990:2002 szabvány (EN 1990:2002, DIN EN 1990:2010, MSZ EN 1990:2011) D1. táblázata, azaz az EUROCODE méretezési szabvány szerinti *Student-féle* alulmaradási tényező használatát írja elő.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Abteilung Straßenbau

Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie)

Példa a beton jelére 50 %-os elfogadási valószínűség esetén

Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú (szokványos) betonnak a jele, amelyből esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420–480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, megengedett kloridtartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,10 tömegszázalék, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

C40/50 – AC_{50}(H) – XC3 – 24 – F3 – Cl 0,10 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798

AC → Acceptante characteristic curve = elfogadási jelleggörbe

MEGJEGYZÉS: Az átadás-átvételi eljárás

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0$ és $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5$

≥ *C55/67 esetén:* $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0$ és $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5$

nyomószilárdság megfelelőségi összefüggéseinek az 50%-os elfogadási valószínűséghez (az AC_{50}(H) elfogadási jelleggörbéhez) rendelése azt a hamis látszatot kelti, hogy az MSZ 4798:2016 betonszabványban (P melléklet) a nyomószilárdság megfelelőségének igazolásával kapcsolatban minden a legnagyobb rendben van.

Erről sajnos nem lehet beszélni, mert a fenti, az MSZ 4798:2016 szabvány P mellékletében szereplő átadás-átvételi nyomószilárdság megfelelőségi összefüggések valójában nem AC_{50}(H), hanem inkább az AC_{60}(H) elfogadási jelleggörbéhez tartoznak.

Az AC_{50}(H) elfogadási jelleggörbéhez ugyanis a következő nyomószilárdság megfelelőségi összefüggések tartoznak (ahogy az a 2015. október 5-i szabványszöveg-tervezetben még az átadás-átvételi eljárás feltételeként is szerepelt, és ma, az érvényes MSZ 4798:2016 szabványban csak a folyamatos gyártás feltétele):

$f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + t_n \times s_{cube,test})$ és
≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube}/0{,}92 + t_n \times s_{cube,test,H})$
≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube}/0{,}95 + t_n \times s_{cube,test,H})$

ahol t_n a *Student*-féle alulmaradási tényező a vizsgálati eredmények n számának függvényében, és $s_{cube,test}$, illetve $s_{cube,test,H}$ a szórás.

Ha a számításba vehető legkisebb szórás (MSZ 4798:2016 szabvány P2.2.3. szakasza):

≤ C50/60 esetén: $s_{cube,test,min} = 3{,}0$ és $s_{cube,test,min,H} = 3{,}3$ N/mm^2
≥ C55/67 esetén: $s_{cube,test,min} = 5{,}0$ és $s_{cube,test,min,H} = 5{,}3$ N/mm^2,

és $n = 3$ (mint a gyakorlatban legtöbbször), valamint $t_{n=3} = 2{,}92$, akkor ezen a diakockán fenn szereplő összefüggések a következő diakockán látható alakot öltik:

≤ C50/60 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}8$ és $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 9{,}6$
≥ C55/67 esetén: $f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 14{,}6$ és $f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 15{,}5$

Ha az átadás-átvételi eljárás során kerülni akarjuk a szórás figyelembevételét, és konstans alulmaradási tágassággal kívánunk számolni, akkor az $AC_{50}(H)$ elfogadási jelleggörbéhez tartozó e fenti nyomószilárdság megfelelőségi összefüggéseket kell érvényre léptetni.

Ha majd az MSZ 4798 betonszabványba ezek a pirossal bekeretezett átadás-átvételi feltételek kerülnek, és ha tartószerkezetek esetén azokat alkalmazni is kell, akkor elmondhatjuk, hogy a nyomószilárdság megfelelőségének igazolásával kapcsolatban összhangot teremtettünk az MSZ 4798 betonszabvány és az MSZ EN 1992-1-1 Eurocode 2 méretezési szabvány között.

Visszatérve a szórás kérdésére: **Az MSZ 4798:2016 szabványban adott tárolási módón belül a Ø150×300 mm méretű próbahengereken és a 150 mm élhosszúságú próbakockákon, illetve ilyenek alkotta mintákon mért nyomószilárdságok számításba vehető legkisebb szórásának értéke ($s_{cyl,test,min}$, illetve $s_{cube,test,min}$) között nem teszünk különbséget.**

A tapasztalati szórásnak ($\sigma_{cube,test;}$ $s_{cube,test,H}$) az alulmaradási tágasságban számításba vehető legkisebb értéke, az elfogadási valószínűségtől függetlenül:

végig víz alatt tárolt próbakockák esetén:

ha a nyomószilárdsági osztály ≤ C50/60, akkor:

$s_{test,min} \sim \sigma_{test} = 3{,}0$ N/mm²

ha a nyomószilárdsági osztály ≥ C55/67 (nagyszilárdságú beton), akkor

$s_{test,min} \sim \sigma_{test} = 5{,}0$ N/mm²

vegyesen tárolt próbakockák esetén:

ha a nyomószilárdsági osztály ≤ C50/60, akkor:

$s_{test,min} \sim \sigma_{test} = 3{,}3$ N/mm²

ha a nyomószilárdsági osztály ≥ C55/67 (nagyszilárdságú beton), akkor

$s_{test,min} \sim \sigma_{test} = 5{,}3$ N/mm²

Az MSZ 4798:2016 szabvány – a nyomószilárdság megfelelőségének igazolása során azzal, hogy adott tárolási módon belül a Ø150×300 mm méretű próbahengereken és a 150 mm élhosszúságú próbakockákon, illetve ilyenek alkotta mintákon mért nyomószilárdságok számításba vehető legkisebb szórásának értéke ($s_{cyl,test,min}$, illetve $s_{cube,test,min}$) között nem tesz különbséget – vét a nyomószilárdsági osztályok jelét adó jellemző értékek $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$ hányadosának Model Code és Eurocode 2 szerinti íratlan szabálya ellen, amelynek értelmében:

C8/10 - C50/60 nyomószilárdsági osztályok esetén: $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube} = \sim 0{,}807$ és
C55/67 - C100/115 nyomószilárdsági osztályok esetén: $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube} = \sim 0{,}836$
C8/10 - C100/115 nyomószilárdsági osztályok esetén: $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube} = \sim 0{,}818$

Ugyanis ezeknek az $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$ hányadosaknak a fenti értékei nem teljesülnek, ha $s_{cyl}/s_{cube} = 1{,}0$, hanem csak akkor adódnak, ha az s_{cyl}/s_{cube} hányados azonos az átlagos nyomószilárdságok $f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$ hányadosával, mint fenn láttuk, azaz, ha:

C8/10 - C50/60 nyomószilárdsági osztályok esetén: $s_{cyl}/s_{cube} = \sim 0{,}82$ és
C55/67 - C100/115 nyomószilárdsági osztályok esetén: $s_{cyl}/s_{cube} = \sim 0{,}84$

A tapasztalati szórást ($\sigma_{cube,test}$, $s_{cube,test,H}$) a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékeléséhez az MSZ 4798.2016 szabvány szerint a folyamatos gyártás során használjuk.

A folyamatos gyártás során az alulmaradási tágasság a tapasztalati szórásnak is függvénye ($\lambda_n \times \sigma_{cube,test}$, $\lambda_n \times s_{cube,test,H}$, $t_n \times \sigma_{cube,test}$, $t_n \times s_{cube,test,H}$).

A tapasztalati szórásnak nem csak számításba vehető legkisebb értéke, hanem korlátozó szerepe, büntető jellege is van.

Mennél nagyobb a szórás, annál nagyobb az alulmaradási tágasság és annál kisebb a nyomószilárdság jellemző (karakterisztikus) értéke. Ezért a beton gyártásában és alkalmazásában résztvevőknek érdeke kell legyen a szórások alacsony szinten tartása, és törekedniük kell a nyomószilárdság vizsgálati eredmények ismétlési feltételeinek betartására.

Az ismétlési feltétel az a megengedett szórás, illetve hozzá tartozó megengedett terjedelem, amelynél egy laboráns (egyazon személy) által – ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon (jelen esetben két mintán), ugyanazzal az eszközzel, rövid időn belül – végzett együtt értékelhető vizsgálati eredmények szórásának, illetve terjedelmének legfeljebb 5 százalékos gyakorisággal szabad nagyobbnak lennie (lásd a visszavont *MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. „A mérési eredmények precizitása”* című mellékletét).

Az MSZ EN 206:2014 szabvány 8.2.1.2 szakasz (4) bekezdése szerint, ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelme nagyobb, mint az átlag 15%-a (EN 206:2013 → „the range of the test values is more than 15 % of the mean”; Vorschlag ÖNORM B 4710-1:2014 → „die Spannweite der Prüfwerte mehr als 15 % des Mittelwertes beträgt”), akkor azokat értékelni nem szabad, hacsak vizsgálat nem deríti ki az egyik egyedi vizsgálati érték elvetését igazoló elfogadható okot.

Ez egy nagyon szigorú előírás! Nincs itt félreértés? Helyes-e az előírást a terjedelemre érteni, nem az eltérésről van szó?

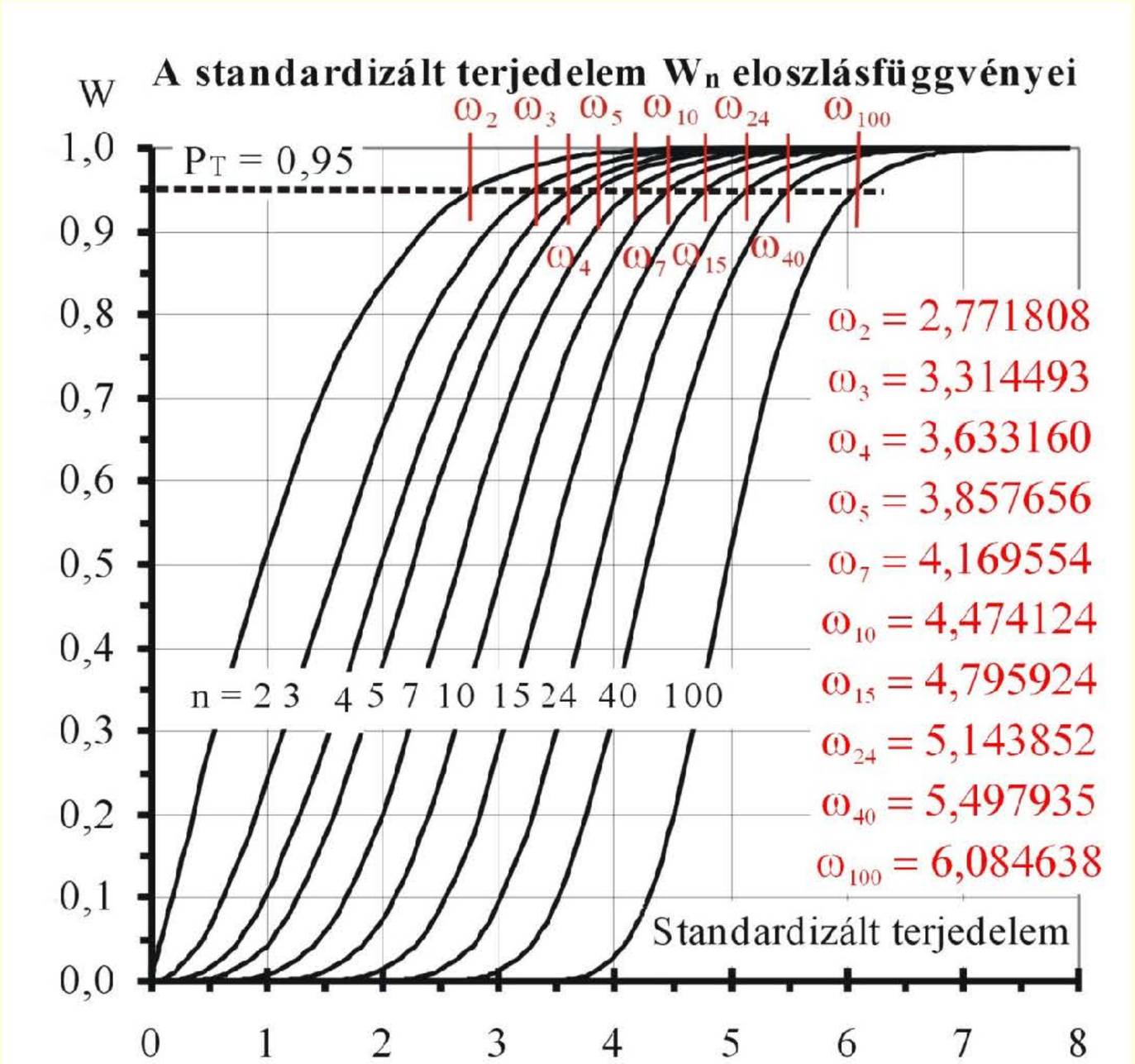
FOGALOM:

Die Spannweite (englisch *range*) ist das einfachste Streuungsmaß (szórásjellemző) in der Statistik, und berechnet sich als Distanz zwischen dem größten und dem kleinsten Messwert:

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

Nincs félreértés, a terjedelemről van szó!

Miért mondjuk, hogy nagyon szigorú előírás, ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelme nem lehet nagyobb, mint az átlag 15%-a?



Kimutatták, hogy a *T* terjedelem és az *s* szórás hányadosaként képzett $\omega = T/s$ standardizált (elméleti) terjedelem várható értéke és szórása csupán a mérések *n* számától függő érték. Így például $n = 2$ esetén $P_T = 0{,}95$ a valószínűsége annak, hogy a tapasztalati terjedelem a $T_2 = \omega_2 \times s = 2{,}77 \times s$ elméleti, megengedett értéknél kisebb értéket vesz fel. Ugyanennyi a valószínűsége annak, hogy $n = 3$ esetén a tapasztalati terjedelem kisebb, mint $T_3 = \omega_3 \times s = 3{,}31 \times s$ (MSZ 4798-1:2004).

Ha a számításba vehető legkisebb szórás értéke például $s_{min} = 3$ N/mm², akkor ehhez például $n = 3$ minta estén $T_3 = 9{,}93$ N/mm² terjedelem tartozik, ez pedig 66,2 N/mm² átlag értéknek a 15%-a, betonjaink pedig ritkán érik el a C50/60 nyomószilárdsági osztályt.

Korábbi hazai méretezési előírásaink (MSZ 15022-1:1971) feltételezték, hogy a relatív szórás (variációs tényező) értéke s_{rel} = 15 %, tehát $s = 0{,}15 \times R_{átlag}$.

Ha az $s = 0{,}15 \times R_{átlag}$ összefüggés és az előző diaképen $n = 3$ minta esetére bemutatott $s = T_3/3{,}31$ összefüggés bal oldalát egyenlővé tesszük, akkor a $0{,}15 \times R_{átlag} = T_3/3{,}31$ összefüggésre, majd ebből a $T_3 = 3{,}31 \times 0{,}15 \times R_{átlag} = 0{,}5 \times R_{átlag}$ összefüggésre jutunk.

Ezért mondjuk, hogy nagyon szigorú előírás, ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelme nem lehet nagyobb, mint az átlag 15%-a; ez a határérték szélső esetben akár 50% is lehetne.

Az MSZ 4798:2016 szabvány ezért az MSZ EN 206:2014 szabvány ezen intézkedése alól, – amely szerint, ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelme nagyobb, mint az átlag 15%-a, akkor azokat értékelni nem szabad – bizonyos felmentést ad, és ennek vonatkozásában az alulmaradási tágasság jellegétől függően különbséget tesz.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint, ha jellemző (karakterisztikus) értéket

- **① a tapasztalati szórásnak is függvényét képező alulmaradási tágassággal ($\lambda_n \times \sigma_{cube,test}$, $\lambda_n \times s_{cube,test,H}$, $t_n \times \sigma_{cube,test}$, $t_n \times s_{cube,test,H}$) számítják ki, akkor a tapasztalati szórás büntető jellegére tekintettel az MSZ EN 206:2014 szabvány fenti 15%-os korlátozó intézkedését figyelmen kívül kell hagyni;**
- **② konstans értékű alulmaradási tágassággal számítják ki, akkor az MSZ EN 206:2014 szabvány fenti 15%-os korlátozó intézkedését ugyan figyelembe kell venni, de a nyomószilárdság vizsgálati eredményeket, ha terjedelmük nagyobb, mint az átlag 15%-a, nem kell feltétlenül elvetni, azaz bizonyos feltételek mellett az ilyen tétel nyomószilárdsága is értékelhető.**

Ennek a ② esetbeli értékelésnek a feltételei a következők:

Lásd a következő diát

A típusvizsgálat, a kezdeti gyártás és az átadás-átvételi eljárás során a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékeléséhez az MSZ 4798:2016 szabványban alkalmazott összefüggésekben az alulmaradási tágasság a tapasztalati szórásnak nem függvénye, hanem a szórástól független konstans érték, a nagy szórásnak nincs büntető jellege, bármekkora nagy is a szórás, az alulmaradási tágasság konstans volta miatt hatása a nyomószilárdság jellemző (karakterisztikus) értékében nem mutatkozik.

Ezért, ha az alulmaradási tágasság konstans, akkor az egyes próbatestek vagy minták nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek terjedelme ne legyen nagyobb, mint a vizsgálati eredmények átlagának 15%-a.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint, ha a nyomószilárdság értékek terjedelme az átlag 15%-ánál nagyobb, akkor szabad az átlagot és a terjedelmet a legnagyobb nyomószilárdság vizsgálati eredmény elhagyásával újraszámítani, és ezt az újraszámítást mindaddig (akár két próbatest vagy minta vizsgálati értékéig is) folytatni, amíg az újraszámított terjedelem egyenlő vagy kisebb lesz, mint az újraszámított átlag 15%-a.

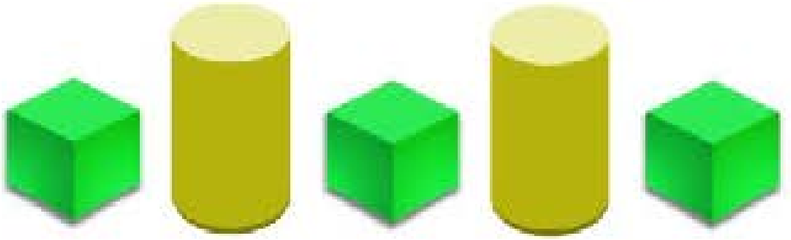
Ha az alulmaradási tágasság konstans érték,

- akkor a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének igazolásához az így utolsónak újraszámított átlagot kell használni,

- vagy a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségét az eredeti nyomószilárdság vizsgálati eredmények tapasztalati szórásának függvényét képező alulmaradási tágasság (például $\lambda_n \times s_{test}$ vagy $t_n \times s_{test}$) mellett kell ellenőrizni az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszának (5) bekezdése alatti vagy P2.2.3. szakasza alatti összefüggések valamelyikével, például:

$$f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + t_n \times s_{cube,test}) \quad N/mm^2$$

Kausay



Fenti diakockák forrása
„A beton jelében foglalt követelmények teljesítése”
című előadás, amely teljes terjedelmében

ide kattintva érhető el

Köszönöm a szíves figyelmüket…

2007/12/21 12:49

Bauxitbeton

Dr. Révay Miklós *tud. tanácsadó* (CEMKUT Cementipari Kutató - Fejlesztő Kft, Budapest) honlapunkon is olvasható "Az aluminátcementekkel kapcsolatos hazai kutatások" című, 1998. október 27-én elhangzott előadása többek érdeklődését felkeltette. Ezért úgy gondoljuk, hogy a bauxitbeton alkalmazásának történetét érdemes röviden összefoglalnunk.

Cementkémia

A bauxitbeton kötőanyaga az aluminátcementek fajtájába tartozó bauxitcement. Kémiai összetétele, tulajdonságai, színe lényegesen különbözik az építőipari célra általánosságban, napjainkban kizárólagosan használt portlandcementekétől.

Megemlítjük, hogy a portlandcement elnevezés az első előállítók egyikétől, a gyártási eljárást 1824-ben szabadalmaztató leedsi kőművesmestertől, *Joseph Aspdin*-től származik annak alapján, hogy a portlandcement hasonlít az angliai Portland-félszigeten építőkőként termelt "portlandstone" nevű mészkő szürke színéhez és szilárdságához. A bauxitcement színe világosbarna, vörösesbarna, elnevezése egyrészt arra utal, hogy nyersanyaga a timföldcementétől eltérően bauxit, de másrészt égetési sajátságokat is kifejez [1, 2].

Az aluminátcementek, így a bauxitcement is - hasonlóan a portlandcementekhez - levegőn és víz alatt egyaránt szilárdul, azaz hidraulikus tulajdonságú, szilárdulás közben hőt fejleszt, habarcsok és betonok előállítására alkalmas. Szilárdulása azonban a portlandcement szilárdulásánál sokkal gyorsabb, és szilárdulás közbeni felmelegedése a portlandcementénél sokkal jelentősebb. A bauxitcement gyártásával és felhasználásával nem akarták a portlandcementet kiszorítani, - nem kis anyagi áldozat árán, mert drágább volt a portlandcementnél - csak ott használták, ahol különleges tulajdonságaira feltétlenül szükség volt, a betonok gyors kizsaluzhatóságát és használatbavételét, valamint a téli betonozást kívánták általa megoldani.

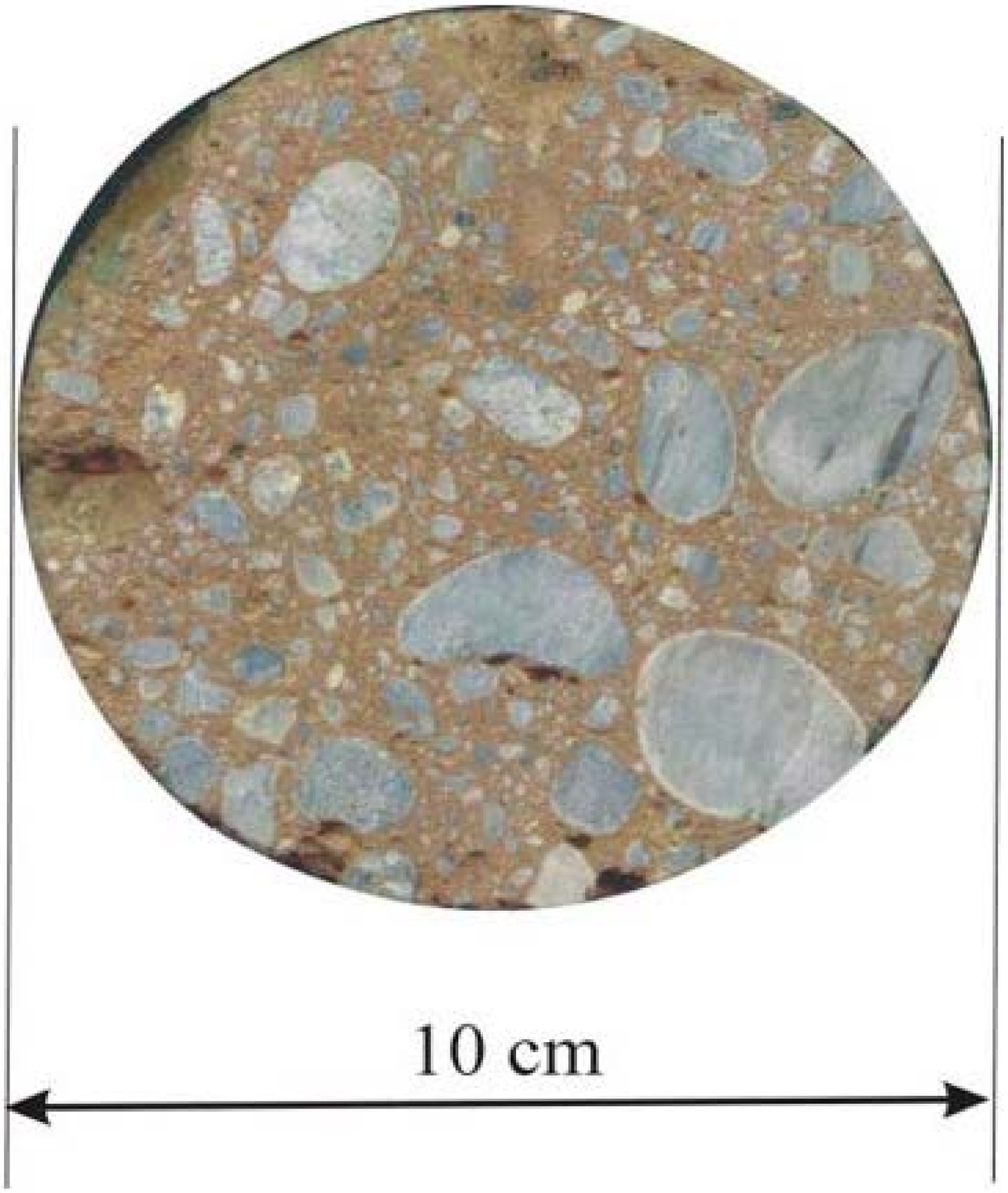
Míg a kötésszabályozó és egyéb kiegészítő anyagoktól elvonatkoztatva a portlandcement legfőbb nyersanyaga a mészkő és az agyag, addig a bauxitcementté a mészkő és a bauxit. A cementgyártás során a nyersanyagok törésével, őrlésével és megfelelő arányú keverésével nyerslisztet állítanak elő, abból általában gömbszerű granáliát képeznek és azt cementfajtától függő hőmérsékleten és módszerrel kiégetik. Megjegyzendő, hogy a bauxitcement gyártásához nem kell feltétlenül granulálás. Tatabánya-Felsőgallán például téglákká formázva égették Hofmann-féle körkemencében. Máskor az előkészítetlen nyerskeveréket olvasztják össze elektromos kemencében, ismét máskor nagyolvasztóban égetik. Az égetés eredményeképpen áll elő a klinker, a félkész termék, amelynek finomra őrlésével készül a cement.

Leegyszerűsítve mondhatjuk, hogy a portlandcement klinker elsősorban kalcium-szilikátokból, a bauxitcement klinker elsősorban kalcium-aluminátokból áll [1, 2].

A portlandcementek és az aluminátcementek hidratációs és szilárdulási mechanizmusa között az a legdöntőbb különbség, hogy az előzőnél a beton keveréshez használt vízzel való reakció folyamán még geológiai értelemben véve is stabil hidratációs termékek keletkeznek, az aluminátcementeknél viszont a

szokványos körülmények között elsődlegesen létrejövő és nagy kezdőszilárdságot biztosító hidratációs termékek instabilak és idővel stabil vegyületekké alakulnak át. E stabil kalcium-aluminátok térfogata kisebb, mint az instabilaké, ezért kialakulásuk a cementkő porozitásának növekedésével és ennek következtében a beton szilárdságának csökkenésével jár. *Dr. Talabér József* professzor kimutatta, hogy az átalakulás termodinamikailag törvényszerű, amit a hőmérséklet, a készítéskori víz-cement-tényező, a rendszer pH értéke, CO_2 tartalma, alkáli tartalma jelentősen befolyásol [3].

Újabb megállapítás, ami fennhivatkozott *dr. Révay Miklós* előadásának is végkövetkeztetése, hogy a stabilitás irányába ható kémiai reakciók folyamata a teljes átalakuláshoz közeledve lelassul, majd gyakorlatilag meg is áll. Kedvező esetben felléphetnek olyan folyamatok, amelyek hatására minimális mértékű szilárdságnövekedés is végbemehet [4, 5].



A bauxitcement gyártás és bauxitbeton készítés története

A bauxitcement gyártását *Jules Bied* francia vegyész eljárása alapján "Lafarge Fondu" elnevezés alatt 1908-ban szabadalmaztatták. Az első gyártási kísérleteket 1913-ban végezték a francia *Lafarge-gyárban,* majd - miközben gyors szilárdulása miatt néhány helyen közben már alkalmazták, - öt év múlva, 1918-ban hozták forgalomba "Ciment Fondu" néven. A mintegy tíz év múlva már jelentkező szilárdság csökkenés miatt felhasználását Franciaországban 1927-től kezdve

fokozatosan szigorították, 1943-tól előzetes engedélyhez kötötték, ami gyakorlatilag a betiltást jelentette. E tiltást a fontos építkezésekre vonatkozólag, szigorú felhasználási előírások egyidejű megfogalmazása mellett, 1970-ben feloldották [6].

Időközben több más államban a bauxitcementet elfogadták és szabványosították. A bauxitcement után megjelentek és elterjedtek az aluminátcementek is, - ilyen például a timföldcement - ezeket azonban lényegében nem építési célra, hanem tűzállóanyagok gyártására használták és használják ma is. Napjainkban honosítják például a prEN 197-10:1997 "Calcium-aluminat cement" európai előszabványt.

Magyarországon a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. Tatabánya-Felsőgallán gyártott bauxitcementet, amely "Citadur bauxitcement" néven 1928-ban került forgalomba. A gyártott mennyiség sohasem érte el a napi 200 tonnát [13]. Találkoztunk olyan födémekkel, amelyeket e cementről elnevezve "Citonit" födémnek hívtak [7]. A bauxitbeton szilárdságcsökkenésére hazánkban ***dr. Mihailich Győző*** professzor már az 1930-as években felfigyelt [8] és kísérleteinek eredményéről előadást is tartott [9]. A felsőgallai "Citadur bauxitcement" gyártása nagyobb mennyiségben 1942-ben, végleg 1949-ben szűnt meg, a felhasználás 1950-ig, legfeljebb 1954-ig tartott [13]. Volt tehát 10-14 év - éppen a hazai építőipar konjunkturális évei, - amely alatt számos ipari épület, középület, lakóépület tartószerkezete, vagy szerkezeti eleme bauxitbetonból készült, és amelyek szilárdságcsökkenése az idő haladtával fokozódott [10]. A növekvő veszélyre a cementtechnológusok (*dr. Bereczky Endre és* ***dr. Talabér József*** professzorok) és a betontechnológusok (***dr. Palotás László*** professzor) 1957-ben újból felhívták a figyelmet [11].

A MÉRNÖKI TOVÁBBKÉPZŐ INTÉZET KIADVÁNYAI
III. KÖTET, 14. FÜZET

DR. MIHAILICH GYŐZŐ

A BETON- ÉS VASBETONÉPÍTÉS ÚJABB FEJLŐDÉSÉ

A MÉRNÖKI TOVÁBBKÉPZŐ INTÉZET
1941. ÉVI TANFOLYAMAINAK ANYAGA

14. FÜZET

BUDAPEST, 1942
KIRÁLYI MAGYAR EGYETEMI NYOMDA

Dr. Mihailich Győző:

A beton- és vasbetonépítés újabb fejlődése.

I. A BAUXITCEMENT.

Magyarországon a Magyar Általános Kőszénbánya R.-t. 1928-ban bocsátotta forgalomba a felsőgallai gyárában készült bauxitcementet. A bauxitcementnek rendkívüli előnye a portlandcementtel szemben, hogy már 1—2 nap multán akkora nyomószilárdságot biztosít a betonnak, mint a portlandcement 28 nap multán. Ez az előny rendkívül nagy jelentőségű, mert ennek révén a mintadeszkázat és az állvány rövid idő multán már eltávolítható és az építmény a betonozás befejezése után néhány nappal használatba vehető, továbbá többnyílású többtámaszú vasbeton-hídszerkezetek esetleg állvány nélküli szabad szerelése válik lehetségessé. Viszont azonban az a hatalmas vegyi folyamat, mely rövid idő alatt nagy szilárdságot biztosít a betonnak, rendkívüli hőkifejlődéssel jár. A kötéskor keletkező nagy melegmennyiség káros hatásokat válthat ki, tetemes szilárdságcsökkenést okozhat, ha nem tud kellőkép eltávozni, ha túl vastag a készítendő betontest, vagy ha a levegő nagyon meleg, ami nyáron fordul rendesen elő.

a. A nagy melegben való betonozás káros következményei.

A nagy meleg káros hatásának tanulmányozására szolgáltak azok a kísérletek, melyek a Széchenyi Tudományos Társaság anyagi támogatásával 1933. év tavaszán indultak meg a József Nádor Műegyetem „Beton- és Vasbetonépítési Laboratóriumában".[1]

Többek közt készültek 20 cm élhosszúságú betonkockák, mezőnyékládházai homokos kavicsból, m³-ként 300 kg bauxitcementtel, olykép, hogy az első 24 órában vasformában vízzáróan lezárva különböző fokú — 20—60 C° — elektromosan fűtött vízfürdőben tároltattak. Az első 24 óra multán a testeket kiemelve a vízfürdőből, a vasformát eltávolítva, a testek további 24 óráig szobahőmérsékleten vízben (15—20 C°) maradtak és 48 órás korban eltöröttek.

[1] *Mihailich:* A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára. (Math. és Természettudományi Értesítő 1936. 30.)

A bauxitbeton épületek felülvizsgálata

A bauxitbeton épületek számbavétele, vizsgálata, az esetleg szükséges beavatkozások megtervezése és elvégzése az 1960-as évek derekára sürgetővé vált [10]. Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium a bauxitcement felhasználásával készült épületek állékonyságának felülvizsgálatát a 6/1967. ÉVM sz. körrendelettel tette kötelezővé. A felülvizsgálat elvégzésére kiemelten öt intézményt, az Építéstudományi Intézetet, az Építőipari Minőségvizsgáló Intézetet, a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetet, a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatot, az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemet jelöltek ki. A kijelölt intézmények 1972-ig mintegy 1600 épületet, ezen belül 1200 lakóépületet tártak fel. A 19/1969. (VII.17.) ÉVM sz. rendelettel, a 23/1970. (XII.20.) ÉVM sz. rendelettel és a 16/1970./Ép.Ért.35. ÉVM sz. utasítással újból szabályozták a bauxitbetonos építményekkel kapcsolatos feladatokat [12]. Ezek szellemében végzett folyamatos feltáró munka eredményeképpen 1990-ben már 2034 bauxitbeton épületet ismertek, ebből 1717 épületet a fővárosban [13]. Az építésügyi hatóság a felülvizsgálati szakvélemények, jegyzőkönyvek alapján hozott határozatot az építmény további sorsáról.

A bauxitbeton építmények, épületek állapotának vizsgálatát általában roncsolásmentes betonszilárdsági és acél korróziós gyors vizsgálattal végezték, és annak kedvezőtlen eredménye esetén roncsolásos betonszilárdsági, kristallográfiai, és egyéb részletes beton és acél korróziós vizsgálattal folytatták, illetve így járnak el ma is. A követendő vizsgálati és számítási módszerekről 1968-1970. táján különböző szintű (házi, intézetek közötti, ágazati) bauxitbeton vizsgálati és erőtani szabványok, illetve tervezetek, javaslatok készültek (ÉMI-HSz-605/1968, SzSz-2-T/1968, ÉSZ K-3-T/1968, ÉSZ 69-T/1969, ÉSZ 24-T/1968, ÉSZ 24-T és J/1970). Az egységesített vizsgálatok eredményeképpen az építményeket és szerkezeti elemeket állapotuk szerint csoportokba osztották illetve osztják. Eszerint:

- "A" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, ha állékonysága és betonszilárdsága megfelelő és belátható időn belül beavatkozásra nincs szükség. A roncsolásmentes betonszilárdsági és acélkorróziós gyors vizsgálatot nyolc év múlva meg kell ismételni. (Az ismételt gyors vizsgálat időpontja korábban öt év volt.)
- "B" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, ha állékony, de betonszilárdsága gyenge és nem kizárt, hogy néhány év múlva állapotával kapcsolatban valamilyen intézkedés szükségessé válik. A roncsolásmentes betonszilárdsági és acélkorróziós gyors vizsgálatot öt év múlva meg kell ismételni, továbbá erőtani felülvizsgálat is szükséges lehet. (Az ismételt gyors vizsgálat időpontja korábban három év volt.)
- "C1" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, amelynek állapota és betonszilárdsága nem megfelelő. Az életveszély elhárításához szükséges intézkedéseket további, részletes vizsgálatok eredménye és erőtani felülvizsgálat alapján kell megtenni. Az erőtani vizsgálat és az esetleg szükséges megerősítések számításainak elvégzésére 1969-ben ***Gábory Pál*** tud. főmunkatárs (ÉTI) tollából, ***Brúzsa László*** egy. docens (Budapesti Műszaki Egyetem) födém ábráival illusztrált segédletet bocsátottak ki [14].
- "C2" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, amelynek állapota és betonszilárdsága annyira kritikus, hogy az életveszély elhárítása érdekében minden további vizsgálat nélkül azonnal intézkedni kell.

Az elkészült bauxitbeton szakvélemények és vizsgálati jegyzőkönyvek egy példányának megőrzését, az építmények nyilvántartásba vételét az ÉVM 1970-ben az Építőipari Minőségvizsgáló Intézetre bízta. Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény V. fejezet 58. § (2) bekezdés l) pontja szerint a bauxitcementtel épült építményekről ma is hatósági nyilvántartást kell vezetni. A nyilvántartásban foglaltakról az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Közhasznú Társaság budapesti adattárában lehet felvilágosítást kapni.

Lehetséges, hogy még napjainkban is vannak nyilvántartásba nem vett bauxitbeton szerkezetek, szerkezeti elemek. Gyanú esetén, ha a beton színe vörösesbarna, ha az építés vagy átalakítás 1928-1950. között történt, szakértőhöz vagy szakértő intézethez kell fordulni. A bauxitbeton épületek karbantartása, időszakos felülvizsgálata a tulajdonos feladata [23/1970. (XII.20.) ÉVM sz. rendelet], és bár a veszélyes épületrészeket már lebontották vagy megerősítették, és a szilárdságcsökkenési folyamat lelassult vagy megállt, az óvatosság továbbra is fontos dolog. A bauxitbeton szerkezetek átalakításához szükséges engedélyezési kérelmet szakhatósági véleményezésre az ÉMI Rt.-hez kell benyújtani [13].

Irodalom

[1] Talabér József szerkesztésében: Cementipari kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.

[2] Palotás László: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 2. kötet. Akadémiai kiadó. Budapest, 1979.

[3] Talabér József: Az aluminátcement-betonok tartóssága. Doktori értékezés. MTA, Budapest, 1991.

[4] Révay Miklós: A bauxitcement diadala, bukása és feltámadása. Beton. 1995. 9., 10., 11. szám.

[5] Talabér József: Az aluminátcementek mai szemmel. Építőanyag. 1996. 4. szám. pp. 107-113.

[6] Faurie, M. T. - Rabot, M. R.: A "Ciment Fondu" aluminátcement. Kézirat a Lafarge-gyár mérnökeinek budapesti előadása alapján. SZTE, 1972.

[7] Kausay Tibor: A bauxitbeton felülvizsgálata során talált "Citonit" födémekről. Építőanyag. 1970. 8. szám. pp. 317-320.

[8] Mihailich Győző: A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára. Mathematikai és Természettudományi Értesítő. 1936. pp. 30.

[9] Mihailich Győző: A beton- és vasbetonépítés újabb fejlődése. A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai. III. kötet. 14. füzet. Budapest, 1942.

[10] Rausch Róbert: Bauxitbeton épületszerkezetek vizsgálata és javítása. ÉVM, ÉTK. Budapest, 1967.

[11] Palotás László: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 3. kötet. Akadémiai kiadó. Budapest, 1980.

[12] Vadász János: Tájékoztató a bauxitbetonból készült épületek felülvizsgálatáról. ÉVM, ÉTK. Budapest, 1972.

[13] Balázs György: Beton és vasbeton. I. Az alapismeretek története. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1994.

[14] Gábory Pál: Bauxitbeton épületek állagbiztosítása. Építéstudományi Intézet. Budapest, 1969.

Bauxitbeton

Németül:	Bauxitbeton, Tonerdebeton, Tonerdezementbeton, Beton auf Tonerdezementbasis
Angolul:	Concrete with bauxite cement, concrete with aluminous cement
Franciául:	Bauxitebéton, béton avec ciment de bauxite, béton avec ciment de alumineux

Cementkémia

A bauxitbeton kötőanyaga az aluminátcementek fajtájába tartozó bauxitcement. Kémiai összetétele, tulajdonságai, színe lényegesen különbözik az építőipari célra általánosságban, napjainkban kizárólagosan használt portlandcementekétől ❖. A bauxitcement színe világosbarna, vörösesbarna, elnevezése egyrészt arra utal, hogy nyersanyaga a timföldcementétől eltérően bauxit, de másrészt égetési sajátságokat is kifejez (*Talabér*, 1966; *Palotás*, 1979 és 1980).

Az aluminátcementek, így a bauxitcement is – hasonlóan a portlandcementekhez – levegőn és víz alatt egyaránt szilárdul, azaz hidraulikus tulajdonságú, szilárdulás közben hőt fejleszt, habarcsok és betonok előállítására alkalmas. Szilárdulása azonban a portlandcement szilárdulásánál sokkal gyorsabb, és szilárdulás közbeni felmelegedése a portlandcementénél sokkal jelentősebb. A bauxitcement gyártásával és felhasználásával nem akarták a portlandcementet kiszorítani, – nem kis anyagi áldozat árán, mert drágább volt a portlandcementnél – csak ott használták, ahol különleges tulajdonságaira feltétlenül szükség volt: a betonok gyors kizsaluzhatóságát és használatbavételét, valamint a téli betonozást kívánták általa megoldani.

Míg a kötésszabályozó és egyéb kiegészítő anyagoktól elvonatkoztatva a portlandcement legfőbb nyersanyaga a mészkő és az agyag, addig a bauxitcementté a mészkő és a bauxit. A cementgyártás során a nyersanyagok törésével, őrlésével és megfelelő arányú keverésével nyerslisztet állítanak elő, abból általában gömbszerű granulátumot képeznek, és azt cementfajtától függő hőmérsékleten és módszerrel kiégetik. Megjegyzendő, hogy a bauxitcement gyártásához nem kell feltétlenül granulálás. Tatabánya-Felsőgallán például téglákká formázva égették *Hofmann*-féle körkemencében. Máskor az előkészítetlen nyerskeveréket olvasztják össze elektromos kemencében, ismét máskor nagyolvasztóban égetik. Az égetés eredményeképpen áll elő a klinker, a félkész termék, amelynek finomra őrlésével készül a bauxitcement.

Leegyszerűsítve mondhatjuk, hogy a portlandcement klinker ❖ elsősorban kalcium-szilikátokból, a bauxitcement-klinker elsősorban kalcium-aluminátokból áll (*Talabér*, 1966; *Palotás*, 1979 és 1980).

A portlandcementek és az aluminátcementek hidratációs és szilárdulási folyamata ❖ között az a legdöntőbb különbség, hogy az előzőnél a beton keveréshez használt vízzel való reakció folyamán még geológiai értelemben véve is stabil hidratációs termékek keletkeznek, az aluminátcementeknél viszont a szokványos körülmények között elsődlegesen létrejövő és nagy kezdőszilárdságot biztosító hidratációs termékek instabilak, és idővel stabil vegyületekké alakulnak át. E stabil kalcium-aluminátok térfogata kisebb, mint az instabilaké, ezért kialakulásuk a cementkő porozitásának ❖ növekedésével és ennek következtében a beton szilárdságának ❖ csökkenésével jár (*1. – 2. ábra*). *Talabér* (1991) kimutatta, hogy az átalakulás termodinamikailag törvényszerű, amit a hőmérséklet, a készítéskori víz-cement-tényező ❖, a rendszer pH értéke, CO_2 tartalma, alkáli tartalma jelentősen befolyásol.

Újabb megállapítás, hogy a stabilitás irányába ható kémiai reakciók folyamata a teljes átalakuláshoz közeledve lelassul, majd gyakorlatilag meg is áll. Kedvező esetben felléphetnek olyan folyamatok, amelyek hatására minimális mértékű szilárdságnövekedés is végbemehet (*Révay*, 1995; *Talabér*, 1996).

1. ábra: Bauxitbeton pillér, a nyílnál elvékonyodott acélbetéttel

2. ábra: Bauxitbeton fúrásmag palástja

A bauxitcement gyártás és bauxitbeton készítés története

A bauxitcement gyártását *Jules Bied* francia vegyész eljárása alapján „Lafarge Fondu" elnevezés alatt 1908-ban szabadalmaztatták. Az első gyártási kísérleteket 1913-ban végezték a francia *Lafarge-gyárban,* majd – miközben gyors szilárdulása miatt néhány helyen közben már alkalmazták, – öt év múlva, 1918-ban hozták forgalomba „Ciment Fondu" néven. A mintegy tíz év múlva már jelentkező szilárdság csökkenés miatt felhasználását Franciaországban 1927-től kezdve fokozatosan szigorították, 1943-tól előzetes engedélyhez kötötték, ami gyakorlatilag a betiltást jelentette. E tiltást a fontos építkezésekre vonatkozólag, szigorú felhasználási előírások egyidejű megfogalmazása mellett, 1970-ben feloldották (*Faurie – Rabot*, 1972).

Időközben több más államban a bauxitcementet elfogadták és szabványosították. A bauxitcement után megjelentek és elterjedtek az aluminátcementek is, – ilyen például a timföldcement – ezeket azonban lényegében nem építési célra, hanem tűzállóanyagok gyártására használták és használják ma is.

Magyarországon a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. Tatabánya-Felsőgallán gyártott bauxitcementet, amely „Citadur bauxitcement" néven 1928-ban került forgalomba. A gyártott mennyiség sohasem érte el a napi 200 tonnát (*Balázs*, 1994). Találkoztunk olyan födémekkel, amelyeket e cementről elnevezve „Citonit" födémnek hívtak (*Kausay*, 1970). A bauxitbeton szilárdságcsökkenésére hazánkban *Mihailich* már az 1936-ban felfigyelt, és kísérleteinek eredményéről 1942-ben előadást is tartott. A felsőgallai „Citadur bauxitcement" gyártása nagyobb mennyiségben 1942-ben, végleg 1949-ben szűnt meg, a felhasználás

1950-ig, legfeljebb 1954-ig tartott (*Balázs*, 1994). Volt tehát 10-14 év – éppen a hazai építőipar konjunkturális évei, – amely alatt számos ipari épület, középület, lakóépület tartószerkezete, vagy szerkezeti eleme bauxitbetonból készült, és amelyek szilárdságcsökkenése az idő haladtával fokozódott (*Rausch*, 1967).

A bauxitbeton épületek felülvizsgálata

A bauxitbeton épületek számbavétele, vizsgálata, az esetleg szükséges beavatkozások megtervezése és elvégzése az 1960-as évek derekára sürgetővé vált. Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium a bauxitcement felhasználásával készült épületek állékonyságának felülvizsgálatát a 6/1967. ÉVM sz. körrendelettel tette kötelezővé. A felülvizsgálat elvégzésére kiemelten öt intézményt, az Építéstudományi Intézetet, az Építőipari Minőségvizsgáló Intézetet, a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetet, a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatot, az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemet jelöltek ki. A kijelölt intézmények 1972-ig mintegy 1600 épületet, ezen belül 1200 lakóépületet tártak fel. A 19/1969. (VII.17.) ÉVM sz. rendelettel, a 23/1970. (XII.20.) ÉVM sz. rendelettel és a 16/1970./Ép.Ért.35. ÉVM sz. utasítással újból szabályozták a bauxitbetonos építményekkel kapcsolatos feladatokat (*Vadász*, 1972). Ezek szellemében végzett folyamatos feltáró munka eredményeképpen 1990-ben már 2034 bauxitbeton épületet ismertek, ebből 1717 épületet a fővárosban (*Balázs*, 1994). Az építésügyi hatóság a felülvizsgálati szakvélemények, jegyzőkönyvek alapján hozott határozatot az építmény további sorsáról.

A bauxitbeton építmények, épületek állapotának vizsgálatát általában roncsolásmentes betonszilárdsági és acél korróziós gyors vizsgálattal végezték, és annak kedvezőtlen eredménye esetén roncsolásos betonszilárdsági, kristallográfiai, és egyéb részletes beton és acél korróziós vizsgálattal folytatták, illetve így járnak el ma is. A követendő vizsgálati és számítási módszerekről 1968-1970 között különböző szintű (házi, intézetek közötti, ágazati) bauxitbeton vizsgálati és erőtani szabványok, illetve tervezetek, javaslatok készültek (ÉMI-HSz-605/1968, SzSz-2-T/1968, ÉSZ K-3-T/1968, ÉSZ 69-T/1969, ÉSZ 24-T/1968, ÉSZ 24-T és J/1970).

A gyors (egyszerűsített), roncsolásmentes vizsgálatok eredményéből meghatározott határfeszültség alapján a bauxitbetonból készült vasbeton építményeket és szerkezeti elemeket állapotuk szerint veszélyességi csoportokba sorolták, illetve sorolják (*1. táblázat*). Az előírt számítási módszer szerint a bauxitbeton határfeszültsége a küszöbszilárdság 0,78-szorosa.

1. táblázat: Bauxitbetonból készült vasbeton szerkezetek veszélyességi csoportba sorolása egyszerűsített eljárás esetén

Kategória (veszélyességi) csoport	Központosan nyomott elem	Külpontosan nyomott elem	Hajlított elem
	Beton határfeszültség, σ_{bH} N/mm^2		
A	$\sigma_{bH} \geq 5{,}0$	$\sigma_{bH} \geq 4{,}0$	$\sigma_{bH} \geq 3{,}5$
B	$5{,}0 > \sigma_{bH} \geq 3{,}5$	$4{,}0 > \sigma_{bH} \geq 3{,}0$	$3{,}5 > \sigma_{bH} \geq 2{,}5$
C1	$3{,}5 > \sigma_{bH} \geq 3{,}0$	$3{,}0 > \sigma_{bH} \geq 2{,}5$	$2{,}5 > \sigma_{bH} \geq 2{,}0$
C2	$3{,}0 > \sigma_{bH}$	$2{,}5 > \sigma_{bH}$	$2{,}0 > \sigma_{bH}$
Megjegyzés: *Ma* a vasbeton szerkezetbe beépíthető leggyengébb MSZ 4798-1:2004 szerinti (természetesen nem bauxitbeton) közönséges beton (C20/25 nyomószilárdsági osztály) előírt beton határfeszültsége (mai nevén a beton nyomószilárdság teherbírási tervezési értéke) 13,3 N/mm^2.			

A bauxitbeton szerkezetek kategóriánkénti állapotleírása és a végrehajtandó intézkedések a következők:

- „A" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, ha állékonysága és betonszilárdsága megfelelő, és belátható időn belül beavatkozásra nincs szükség. A roncsolásmentes betonszilárdsági és acélkorróziós gyors vizsgálatot nyolc év múlva meg kell ismételni.
- „B" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, ha állékony, de betonszilárdsága gyenge és nem kizárt, hogy néhány év múlva állapotával kapcsolatban valamilyen intézkedés szükségessé válik. A roncsolásmentes betonszilárdsági és acélkorróziós gyors vizsgálatot öt év múlva meg kell ismételni, továbbá erőtani felülvizsgálat is szükséges lehet.
- „C1" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, amelynek állapota és betonszilárdsága nem megfelelő. Az életveszély elhárításához szükséges intézkedéseket további, részletes vizsgálatok eredménye és erőtani felülvizsgálat alapján kell megtenni. Az erőtani vizsgálat és az esetleg szükséges megerősítések számításainak elvégzésére *Brúzsa László* födém ábráival illusztrált segédletet bocsátottak ki (*Gábory*, 1969).
- „C2" kategóriájú az építmény vagy tartószerkezeti elem, amelynek állapota és betonszilárdsága annyira kritikus, hogy az életveszély elhárítása érdekében minden további vizsgálat nélkül azonnal intézkedni kell.

Az elkészült bauxitbeton szakvélemények és vizsgálati jegyzőkönyvek egy példányának megőrzését, az építmények nyilvántartásba vételét az ÉVM 1970-ben az ÉMI Építőipari Minőségvizsgáló Intézetre bízta. Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény V. fejezet 58. § (2) bekezdés l) pontja szerint a bauxitcementtel épült építményekről ma is hatósági nyilvántartást kell vezetni. A nyilvántartásban foglaltakról az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kht. adattárában lehet felvilágosítást kapni. A bauxitbeton szerkezetek átalakításához szükséges engedélyezési kérelmet szakhatósági véleményezésre az ÉMI Kht-hez kell benyújtani.

A bauxitbeton épületek karbantartása, időszakos felülvizsgálata a tulajdonos feladata [23/1970. (XII.20.) ÉVM sz. rendelet], és bár a veszélyes épületrészek nagy részét már lebontották vagy megerősítették, és a szilárdságcsökkenési folyamat lelassult vagy feltehetően megállt, az óvatosság továbbra is fontos, annál is inkább, mert szórványosan még napjainkban is vannak feltáratlan, nyilvántartásba nem vett, megerősítendő bauxitbeton szerkezetek, szerkezeti elemek. Gyanú esetén, ha a beton színe vörösesbarna, ha az építés vagy átalakítás 1928-1950 között történt, szakértőhöz vagy szakértő intézethez kell fordulni.

Felhasznált irodalom

Mihailich Győző: A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára. Mathematikai és Természettudományi Értesítő. 1936. pp. 30.

Mihailich Győző: A beton- és vasbetonépítés újabb fejlődése. A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai. III. kötet. 14. füzet. Budapest, 1942.

Talabér József: Az aluminátcement-betonok tartóssága. Akadémiai doktori értékezés. MTA, Budapest, 1991.

Talabér József: Az aluminátcementek mai szemmel. Építőanyag. 1996. 4. szám. pp. 107-113.

Révay Miklós: A bauxitcement diadala, bukása és feltámadása. Beton. 1995. 9., 10., 11. szám.

Faurie, M. T. - Rabot, M. R.: A „Ciment Fondu" aluminátcement. Kézirat. SZTE, 1972.

Kausay Tibor: A bauxitbeton felülvizsgálata során talált „Citonit” födémekről. Építőanyag. 1970. 8. szám pp. 317-320.

Bölcskei Elemér - Szalai Kálmán: A bauxitbeton szerkezetek felülvizsgálata. Magyar Építőipar XVII évf. 4. szám 1968. pp. 193- 200.

Bölcskei Elemér - Szalai Kálmán: Bauxitbeton építmények teherbírási tartaléka I. és II. rész. Magyar Építőipar XVIII évf. 9-10. szám 1969. pp. 465-638.

Korda János - Szalai Kálmán: A szerkezeti betonok szilárdsági követelményei és minősítésük. Mélyépítéstudományi Szemle XXIII. évf. 1973. évf. 3. szám. pp. 117-125.

Szalai Kálmán: A betonszilárdság minősítése. Építési kutatás-fejlesztés. ÉTI. 1974 évf. 1-2. szám. pp. 31-41.

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

A cikk eredeti változata megjelent a	BETON szakmai havilap	2008. szeptember havi számának 8-10. oldalán

BETONOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE

FEJEZET A VASBETONÉPÍTÉS CÍMŰ FOLYÓIRAT 2019. ÉVI (XXI. ÉVFOLYAM) 4. SZÁMÁNAK. 97-110. OLDALÁN MEGJELENT, *DR. BALÁZS L. GYÖRGY – DR. KAUSAY TIBOR:* BETONTÍPUSOK, FOGALMAK, JELÖLÉSEK, ÚJDONSÁGOK. AZ MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/1M:2017 ÉS MSZ 4798:2016/2M:2018 BETONSZABVÁNY NÉHÁNY FEJEZETÉNEK ÉRTELMEZÉSE. 2. RÉSZ: BETONOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE, BETONTERMÉK, BEDOLGOZÁSI KONZISZTENCIA, BETONTECHNOLÓGIAI MUNKAMENETTERV." CÍMŰ CIKKBEN.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton jele a következő tagokból áll (a beton jele tagjainak sorszámát fekete körben tüntettük fel, ha azok szerepeltetése kötelező, és fehér körben, ha azok a beton jelében feltételesen szerepelnek):

❶ *Nyomószilárdsági osztály* betűjellel és két számértékkel kifejezett jele, például szokványos (közönséges, normál) beton esetén: C25/30, könnyűbeton esetén: LC20/22, nehézbeton esetén: HC30/37. Megjegyzendő, hogy nehézbeton esetén a HC betűjel használatát szabvány nem írja elő, helyette általában a C betűjelet alkalmazzák.

❶$^{+}$ Ha a nyomószilárdságot *50% elfogadási valószínűség* mellett – az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint, az Eurocode 2 szabvány alapján – értékelik, akkor a nyomószilárdsági osztály fenti jele után fel kell tüntetni az erre utaló AC_{50}(H) kísérőjelet, például: C25/30 – AC_{50}(H).

② Ha a beton könnyűbeton, akkor a szilárd *könnyűbeton testsűrűségi osztályának* jele, például: ρ_{LC} 1,8.

❸ *Környezeti osztály vagy osztályok* jele, például: XC4, vagy több környezeti osztály esetén: XC4-XF1-XA2.

Ha a környezeti osztályhoz tartozó ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztály csak a beton 28 napos kora után, az utószilárdulás folyamán, *90 napos korra teljesül* – és ezt írásban igazolják –, akkor azt a környezeti osztály jelében „90" alsó indexszel kell jelezni. Például: $XD2_{90}$(H). Ebben az esetben a beton jelében meg kell adni az alkalmazandó cement jelét is.

Ha valamely környezeti osztályt magyar nemzeti szabvány vezeti be, akkor a környezeti osztály jelében fel kell tüntetni *Magyarország nevének rövid jelét* (H), például: X0b(H), X0v(H), $XD2_{90}$(H), XF2(H), XA5(H), XK1(H), XV0(H), XV1(H).

Ezt a szabályt kell alkalmazni a magyar szabványok bevezette egyéb jelölések esetén is, olykor alsó indexbe írva a *H* betűt, például: $f_{ck,cube,H}$(MSZ 4798:2016/2M:2018).

Ha a jelet másik magyar szabályozó irat vezeti be, akkor ugyanígy kell eljárni.

❹ Adalékanyag névleges *legnagyobb szemnagyságának* a számértéke, például: 24 mm.

⑤ Ha a beton adalékanyaga nem homokos kavics, az *adalékanyag megnevezése*, amellyel a beton készül, például: zúzottkő és megadva annak fajtáját (például bazalt zúzottkő, andezit zúzottkő, dolomit zúzottkő stb.), vagy barit, duzzasztott agyagkavics stb.

❻ *Konzisztencia osztály* jele, például: F3; vagy a konzisztencia jele a mérőszám határértékeivel, például: F3 (420-480 mm), vagy a konzisztencia jele a mérőszám átlagértékével és a tűréssel például: F3 (450±30 mm). A konzisztencia osztály jele a kivitelezővel kötendő szerződésben akkor is egyértelműen (egyetlen jellel) rögzítendő, ha a beton jelének megadásakor vagy a betontervezés során a konzisztencia mérési módszer

mibenléte még nem volt ismert, és az előíró vagy tervező a konzisztencia jelét két mérési módszerhez illesztve is megadta, például terülésméréssel: F3 és alternatívaként roskadásméréssel: S2.

Az önterülő-öntömörödő beton konzisztenciáját az MSZ 4798:2016 szabvány öntömörödő betonokra vonatkozó konzisztencia osztályainak jelével kell megadni.

⑦ Ha a betonnak a *cement* tömegére vonatkoztatott megengedett *kloridiontartalma* 0,2 tömeg% – útbeton esetén 0,4 tömeg% (MSZ EN 13877-1:2013) – akkor azt a beton jelében nem kell megadni, ha ennél kisebb, akkor a megengedett kloridiontartalom jelét a beton jelében szerepeltetni kell (például feszített vasbeton esetén). Például: Cℓ 0,10.

⑧ Ha a kiíró követelményként megadja a *cement* minőségét és esetleg a *II. típusú kiegészítőanyag* minőségét is, akkor annak, illetve azok jelét a beton jelében fel kell tüntetni (például: CEM I 42,5 vagy CEM I 42,5 – Szilikapor).

⑨ Ha a beton *tervezési élettartama* 50 év, akkor a tervezési élettartamot a beton jelében nem kell megadni, ha ettől eltérő (például: 100 év), akkor azt a beton jelében fel kell tüntetni.

⑩ A szabvány, esetleg műszaki előírás száma évszámmal (például: MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018, e-UT 06.03.31:2017)

A betonjel tagjait egymás után, kötőjel közbeiktatásával tüntetjük fel:

❶ – (❶$^{+}$) – ② – ❸ – ❹ – ⑤ – ❻ – ⑦ – ⑧ – ⑨ – ❿

A tervezői műszaki leírásnak, a betontechnológiai előírásnak, illetve a beton megrendelő és szállítási dokumentumának a *beton jelén kívül* tartalmaznia kell minden olyan követelményt, amelyet az építmény vagy a beton készítésével, illetve átadás-átvételével kapcsolatban a beton jelén kívül előírnak. Ilyen például a betont befogadó építmény szerkezeti osztálya, a nyomószilárdság jellemző értékének kiszámításához szükséges alulmaradási tényező fajtája, illetve bármilyen más, a beton minőségével kapcsolatos egyéb követelmény (például szulfátállóság, szikramentesség stb.).

Példák a beton MSZ 4798:2016 szabvány szerinti jelére:

1. példa: Annak a C16/20 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből káros környezeti hatásnak ki nem tett vasalt beton pincealap készül (környezeti osztály: X0v(H)), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 48 mm, konzisztenciája kissé képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni és a roskadási mértéknek 10-40 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S1, a következő:

C16/20 – X0v(H) – 48 – S1 – MSZ 4798:2016

2. példa: Annak a C25/30 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből fagyhatár alatti, talajvízszint feletti vasbeton sávalap készül (környezeti osztály: XC2, XV0(H)), vízfelvétele legfeljebb 4 tömeg%, névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 32 mm, konzisztenciája képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni, és a roskadási mértéknek 50-90 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S2, a következő:

C25/30 – XC2 – XV0(H) – 32 – S2 – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018

3. példa: Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37 – XC3 – 24 – F3 – MSZ 4798:2016

4. példa: Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3, XD3), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C35/45 – AC_{50}(H) – XC3 – XD3 – 24 – F3 – MSZ 4798:2016

5. példa: Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből csúszózsalus építésmóddal CEM I 42,5 N-SR 0 szulfátálló portlandcement- és szilikaportartalmú vasbeton siló épül (környezeti osztály: XC4, XD1, XF1, XA5(H), XK1(H)), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van és tömörítési mértéke 1,11-1,25 közé esik, tehát konzisztencia osztálya C2, megengedett kloridiontartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,2 tömeg%, a következő:

C30/37 – AC_{50}(H) – XC4 – XD1 – XF1 – XA5(H) – XK1(H) – 24 – C2 – Cℓ 0,20 – CEM I 42,5 N-SR 0 – Szilikapor – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018

6. példa: Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek az erőtani méretezés szerint szükséges nyomószilárdsági jellemző értéke $f_{ck,cyl}$ = 35 N/mm^2 (a környezeti hatás miatt C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton is megfelelne) és nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, amely betonból esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

C35/45 – AC_{50}(H) – XC3 – 24 – F3 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798:2016 vagy
C35/45 – AC_{50}(H) – XC3 – 24 – F3 (420-480 mm) – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798:2016

7. példa: Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú, légbuborékképző adalékszerrel gyártott betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből fagy és sózás hatásának kitett vasbeton híd pályaszegélye készül (környezeti osztály: XC4, XF4, XK2(H), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 32 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 450±30 mm, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37 – AC_{50}(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 – MSZ 4798:2016 vagy
C30/37 – AC_{50}(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 (450±30 mm) – MSZ 4798:2016

8. példa: Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú, kopásálló, légbuborékképző adalékszer nélkül gyártott bazaltbetonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből koptatóhatásnak, és fagy és sózás hatásának kitett beton térburkolat készül (környezeti osztály: XK3(H)), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 32 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420-480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C40/50 – AC_{50}(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 – MSZ 4798:2016 vagy
C40/50 – AC_{50}(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 (450±30 mm) – MSZ 4798:2016

9. példa: Annak az LC12/13 nyomószilárdsági osztályú könnyűbetonnak a jele, amelynek a testsűrűsége szilárd állapotban 1600-1800 kg/m^3 közé esik, adalékanyaga duzzasztott

agyagkavics, és amelyből könnyűbeton belső teherbíró fal épül (környezeti osztály: X0b(H)), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 16 mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van, tömörítési mértéke 1,11-1,25 között van, konzisztencia osztályának jele a tömörítési mérték jelével kifejezve C2, a következő:

LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 – MSZ 4798:2016 vagy
LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 (1,25-1,11) – MSZ 4798:2016

Az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet szerint a pályaburkolati betonok (útbetonok) betűjele CP, a betűjel után a sablonban készített, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának jellemző értékét és törtvonal után a kifúrt magmintákon meghatározottt hasító-húzószilárdságának jellemző értékét kell feltüntetni, mindkettőt N/mm^2 mértékegységben kifejezve.

A pályaburkolatok jele tartalmazza az adalékanyag legnagyobb szemnagyságát mm-ben, a friss beton konzisztencia osztályának jelét vagy konzisztenciájának mértékét, az útbeton környezeti osztályának a jelét és az útügyi műszaki előírás számát is.

A szilárdsági osztály jelével azonban gondjaink vannak, ugyanis a transzportbeton gyártója nem tehető felelőssé a pályalemezbe bedolgozott beton tömörségéért, utókezeléséért, a környezeti hatásoktól is befolyásolt szilárdulási folyamatáért, következésképpen a kifúrt magminta szilárdságáért; a pályaburkolatok szilárdsági jele nincs összhangban a beton jelének felfogásunk szerinti értelmezésével.

Egyébként az MSZ 4798:2016 betonszabvány az út- és térburkolatok betonjára csak akkor vonatkozik, ha az érvényben lévő útügyi műszaki előírás erre a szabványra hivatkozik.

Példa a pályaburkolati beton (útbeton) e-Ut 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet szerinti jelére:

10. példa: Annak az útbetonnak a jele, amelynek formában készített, 150×150×600 mm méretű, kizsaluzás után véig víz alatt tárolt próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának jellemző értéke 28 napos korban legalább 4 N/mm^2 (F4,0), a kifúrt magmintából kialakított, Ø150×150 mm méretű, vegyesen tárolt próbahengereken meghatározott hasító-húzószilárdságának jellemző értéke 28 napos korban legalább 2,7 N/mm^2 (SC2,7), fagy és olvasztósó hatása éri, légbuborékképző adalékszerrel készül és meg kell feleljen a k10/15 kopásállósági osztály követelményének, adalékanyaga 32 mm legnagyobb szemnagyságú bazalt zúzottkő, friss beton konzisztencia osztálya F2, a következő:

CP4/2,7 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

Nézetünk szerint a 10. példának megfelelő transzportbetont a gyártótól például a következő jellel lenne szabatos megrendelni:

CP-F4,0 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

Beton jele az MSZ 4798 szabvány szerint napjainkban (2025)

E SZÓCIKK EGYÜTT TANULMÁNYOZANDÓ
A „BETON-JELE-VASBETONÉPÍTÉS-2019.PDF” SZÓCIKKEL

A tervezett beton *és az előírt összetételű beton* megjelölése a következő:

Ha a beton lényeges jellemzőit rövidített alakban adják meg, akkor a következőket kell közölni:

– hivatkozást az EN 206 európai szabványra, *és az MSZ 4798 szabványra*

– a nyomószilárdsági osztályt a részletezett nyomószilárdsági osztályok szerint, például: C 25/30;

– a környezeti osztályokat a szabványos osztály-megjelöléssel. Ha a betont exportálják, akkor a környezeti osztályt követi annak az országnak a rövidített neve[2)], amely kiadta a határértékekre, a betonösszetételre és a betontulajdonságokra vonatkozó előírásokat, vagy a követelmények más csoportját, például: XD2(F), amikor a francia előírásokat alkalmazzák;

– a legnagyobb kloridtartalmat az osztály szabványos megjelölésével, például: Cl 0,20;

– a betonban felhasznált ledurvább adalékanyag előírt szemnagyságát a D_{max} értékkel, például: $D_{max} = 22\ mm$;

– *könnyűbetonok* és *nehézbetonok esetén* a testsűrűséget az osztály szabványos jelölésével, például: D1,8, D2,6 vagy a tervezett értékkel;

– a konzisztenciát a konzisztenciaosztály szabványos jelölésével, vagy a tervezett érték és a vizsgálati módszer megadásával;

- *Ha a beton e szabvány szerinti tulajdonsága eltér az MSZ EN 206 szerinti tulajdonságtól, vagy nem szerepel MSZ EN 206 szabványban, akkor az MSZ 4798 szabvány szerint a beton tulajdonságának jelében szerepeltetni kell Magyarország rövidített országnevét zárójelben, például, XA4(H), AC50(H); vagy indexben, például: $f_{ck,cube,H}$.*

– Ha az adalékanyag nem homokos kavics, akkor a környezeti osztály jele előtt meg kell adni az adalékanyag megnevezését, amellyel készül, például zúzottkővel (ezt részletezve például bazalttal, andezittel, mészkővel, dolomittal, riolittufával stb.), nehéz adalékanyaggal (ha ismert, ezt részletezve például barittal, ilmenittel, magnetittel, hematittal, Fe-granulátummal stb.), duzzasztott agyagkaviccsal, duzzasztott üvegkaviccsal stb.;

Valamint, ha előírták meg kell adni: a cement jelét a konzisztencia osztály jele után (ha a beton jelében szerepel a kloridtartalom jele, akkor ez után); a kiegészítőanyag megnevezését; az 50 évtől eltérő tervezési élettartamot; az adalékanyag szemmegoszlási görbéjének jelét; az adalékanyag finomsági modulusát.

Példák a beton előírt jelének alkalmazására

1. példa: *Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak (szokványos betonnak) a jele, amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemnagysága $D_{max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják, vagy roskadásméréssel kell meghatározni, és a roskadási mértéknek 50–90 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S2, a következő:*

C30/37 – XC3 – 24 – S2 – MSZ 4798

---

[2] A nemzetközileg jóváhagyott gépkocsi ország-jeleknek megfelelően. Az ország nevének rövidítéséhez további, az előírásokra vonatkozó, tájékoztatás csatolható.

2. példa: *Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú, légbuborékképző adalékszer nélkül gyártott, kopásálló (szokványos) bazaltbetonnak a jele, amelyből olyan szabadban lévő konténerátrakó vasbeton térburkolata készül, melyet fagy és olvasztósó hatása, valamint koptatóhatás ér (környezeti osztály: XC4, XF4(H) és XK3(H)), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 32 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420–480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, a következő:*

C40/50 – bazalt zúzottkővel – XC4–XF4(H)–XK3(H) – 32 — F3 – MSZ 4798

vagy

C40/50 – bazalt zúzottkővel – XC4– XF4(H)–XK3(H) – 32 – F3 (450±30 mm) – MSZ 4798

3. példa: *Annak az LC12/13 nyomószilárdsági osztályú könnyűbetonnak a jele, amelynek a testsűrűsége szilárd állapotban 1600–1800 kg/m³ közé esik, adalékanyaga duzzasztott agyagkavics, és amelyből könnyűbeton belső teherbíró fal épül [környezeti osztály: X0b(H)], névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 16 mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van, konzisztencia osztályának jele a tömörítési mérték jelével kifejezve C2, a következő:*

LC12/13 – D1,8 – duzzasztott agyagkaviccsal – X0b(H) – 16 – C2 – MSZ 4798

vagy

LC12/13 – D1,8 – duzzasztott agyagkaviccsal – X0b(H) – 16 – C2 (1,25–1,11) – MSZ 4798

4. példa: *Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú (szokványos) betonnak a jele, amelyből esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420–480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, megengedett kloridtartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,10 tömegszázalék, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, használati élettartama 100 év, a következő:*

C40/50 – XC3 – 24 – F3 – Cl 0,10 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798

vagy

C40/50 – XC3 – 24 – F3 (450±30 mm) – Cl 0,10 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798

5. példa: *Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú (szokványos) betonnak a jele, amelyből ipari szennyvíz ülepítő medence készül (környezeti osztálya XC4, XD2, XA5(H) és XV2(H)), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 32 mm, konzisztenciája erősen képlékeny és terülési mértéke 490–550 mm közé esik, konzisztencia osztálya F4, CEM I 42,5 N–SR 0 fajtájú szulfátálló portlandcementtel és metakaolin kiegészítőanyaggal készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:*

C35/45 – XC4 – XD2 – XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 – CEM I 42,5 N –SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

vagy

C35/45 – XC4 – XD2– XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 (520 ± 30 mm) – CEM I 42,5 N–SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

6. példa: *Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú (szokványos) betonnak a jele, amelynek nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798 szabvány P melléklete (a nyomószilárdsági osztály Eurocode 2 szabványnak megfelelően Student-tényezővel való meghatározása) szerint határozták meg, és amelyből esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm, konzisztenciája képlékeny és terülési mértéke 420–480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, megengedett kloridtartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,10 tömegszázalék, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, használati élettartama 100 év, a következő:*

C40/50 – AC_{50}(H) – XC3 – 24 – F3 – Cl 0,10 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798

vagy C40/50 – AC_{50}(H) – XC3 – 24 – F3 (450±30 mm) – Cl 0,10 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798

7. példa. *Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú (szokványos) betonnak a jele, amelynek nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798 szabvány P melléklete (lásd a 6. példát) szerint határozták meg, és amelyből ipari szennyvíz ülepítő medence készül (környezeti osztálya XC4, XD2, XA5(H) és XV2(H)), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 32 mm, konzisztenciája erősen képlékeny és terülési mértéke 490–550 mm közé esik, konzisztencia osztálya F4, CEM I 42,5 N–SR 0 fajtájú szulfátálló portlandcementtel és metakaolin kiegészítőanyaggal készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:*

C35/45 – AC_{50}(H) – XC4 – XD2 – XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 – CEM I 42,5 N –SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

vagy C35/45 – AC_{50}(H) – XC4 – XD2– XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 (520 ± 30 mm) – CEM I 42,5 N–SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

8. példa. *Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú öntömörödő betonnak a jele, amelynek nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798 szabvány P melléklete (lásd a 6. példát) szerint határozták, és amellyel vasbeton pillért köpenyeznek meg (környezeti osztálya XC3), névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 16 mm, roskadási terülése (660 – 750) mm, konzisztencia osztálya SF2), CEM I 42,5 R jelű portlandcementtel és mészkőliszt kiegészítőanyaggal készül, a következő:*

C30/37 – AC_{50}(H) – XC3 – 16 – SF2 – CEM I 42,5 R – Mészkőliszt – MSZ 4798

9. példa: *Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú nehézbetonnak a megjelölése, amelyből sugárvédő falazat épül, átlagos testsűrűsége szilárd állapotban 2600–3100 kg/m^3 közé esik, adalékanyaga barit, környezeti osztálya XC4, névleges legnagyobb szemnagysága D_{max} = 24 mm, terülési mértéke 420–480 mm közé esik, konzisztenciaosztálya F3 (azaz a konzisztenciája „képlékeny”) és a tervezési élettartama 100 év, a következő:*

C30/37 AC50(H) – D2,6 – barit – XC4 – 24 – F3 – 100 év – MSZ 4798

3. kiadás, 1985. február
Tartalmazza az Sz. K. 1983. évi 2. és a Sz. K. 1984. évi 5. számában megjelent módosítást

Magyar Népköztársasági Országos Szabvány	BETONOK	MSZ 4719–82
		Az MSZ 4719–77 helyett
		G 13

Visszavonták 2004. szeptember 1-jén.

3.2.2. Nyomószilárdság

Az MSZ 4715/4 szerint készített és vizsgált, természetes vagy hőérlelésű, 28 napos, megszilárdult próbatestek nyomószilárdságának MSZ 4720/2 szerint meghatározott jellemző értéke érje el a nyomószilárdsági osztályára előírt, 3. táblázat szerinti minősítési értéket.

3. táblázat

A beton nyomószilárdsági osztálya hengeralakú próbatestek alapján	A 200 mm élhosszúságú kockaalakú próbatest nyomószilárdságának minősítési értéke (R_{k20}, nom)	A 150 mm élhosszúságú kockaalakú próbatest nyomószilárdságának minősítési értéke (R_{k15}, nom)	A ϕ 150x300 mm méretű hengeralakú próbatest nyomószilárdságának minősítési értéke ($R_{k\phi}$, nom)	Megjegyzés
	N/mm^2			
C 4	4,8	5,0	4,0	*
C 6	7,0	7,5	6,0	*
C 8	9,0	10,0	8,0	*
C 10	12,0	12,5	10,0	
C 12	14,0	15,0	12,0	*
C 16	19,0	20,0	16,0	*
C 20	24,0	25,0	20,0	
C 25	28,0	30,0	25,0	*
C 30	33,0	35,0	30,0	
C 35	38,0	40,0	35,0	
C 40	43,0	45,0	40,0	*
C 45	48,0	50,0	45,0	
C 50	52,0	55,0	50,0	
C 55	57,0	60,0	55,0	

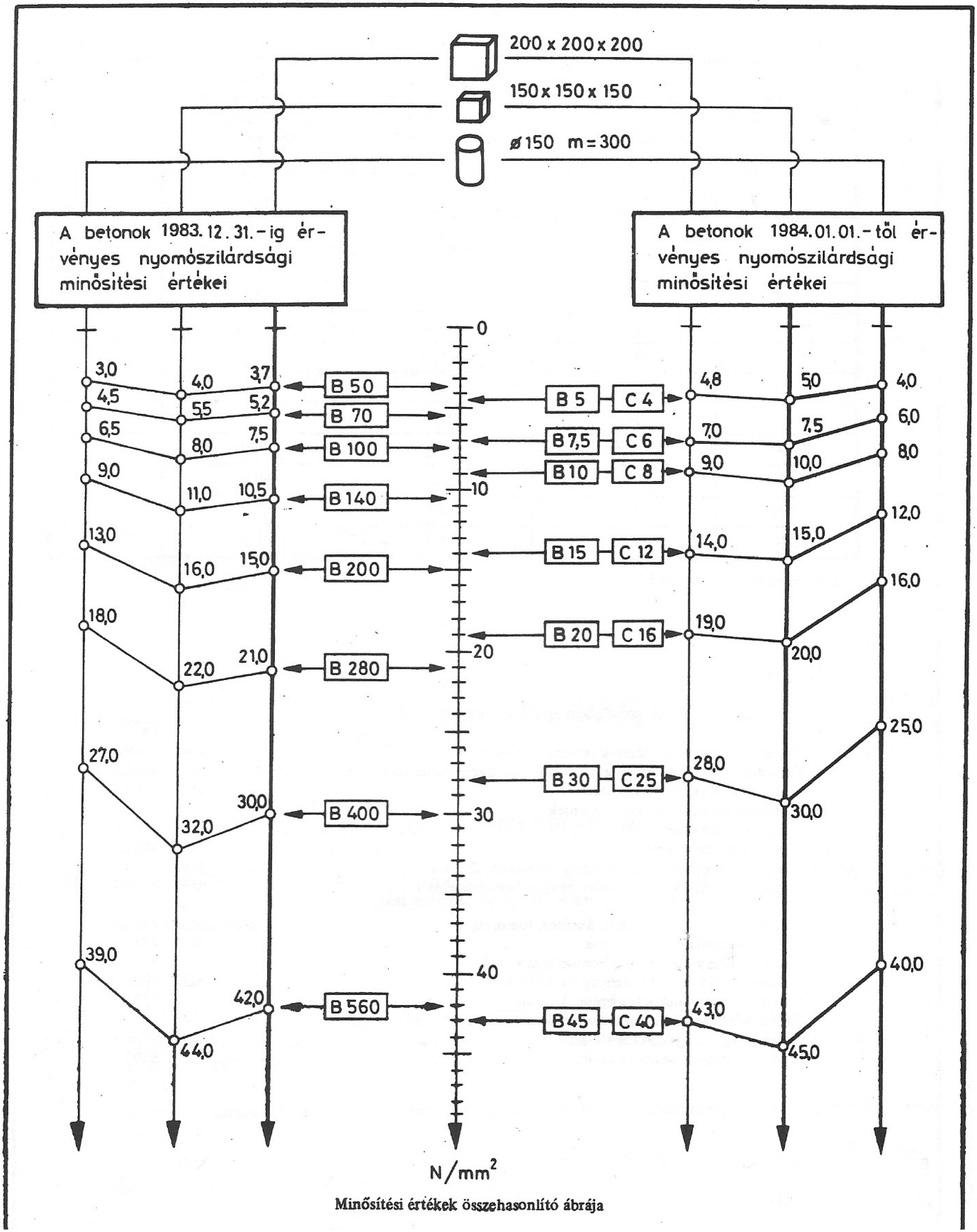
* Előnyben részesítendő betonosztályok

FÜGGELÉK

F1. PÉLDÁK A BETONOK MEGNEVEZÉSÉRE

F1.1. A 2001–2500 kg/m^3 testsűrűségű, $R_{k\phi,nom} = 12{,}0$ N/mm^2, vagy $R_{k20,nom} = 14{,}0$ N/mm^2, illetve $R_{k15,nom} = 15{,}0$ N/mm^3 minősítési értékű, 24 mm-es legnagyobb adalékanyag-szemnagyságú és folyós konzisztenciájú beton megnevezése:

beton, C12–24/F



Minősítési értékek összehasonlító ábrája

666.97:691.32

Magyar Népköztársasági Országos Szabvány

A BETON MINŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE
Általános tulajdonságok ellenőrzése

Visszavonták 2004. szeptember 1-jén.

MSZ 4720/2–80

Az MSZ 4720–61 helyett

G 13

3.5. A minősítés alapjául szolgáló jellemző értékek kiszámítása

3.5.1. A testsűrűség ellenőrzésénél a jellemző érték a legnagyobb és a legkisebb vizsgálati eredmény.

3.5.2. A nyomószilárdság ellenőrzésénél a vizsgálati eredmények R_k jellemző értékét az

$$R_k = R_m - k \cdot t \cdot s$$

kifejezéssel kell meghatározni, ahol

R_m a vizsgálati eredmények átlaga,

k a szilárdság eloszlásának típusát figyelembevevő, a vizsgálati eredmények átlagától függő tényező, mely az 1. táblázatból vehető.

Számítógép alkalmazása esetén k értékét az alábbi kifejezésből kell meghatározni:

$$k = 0{,}540 + 0{,}1027 \sqrt{R_m}$$

ahol R_m értékét N/mm^2 dimenzióban kell behelyettesíteni.

A k tényező értékei

A *k*-tényező (*k* ferdeségi tényező) eredetét sajnos nem sikerült kiderítenünk.

1. táblázat

R_m N/mm^2	5	7	10	14	20	28	40	50	56
k	0,77	0,81	0,87	0,92	1,00	1,08	1,19	1,27	1,31

Megjegyzés: A táblázatban nem szereplő közbenső értékek arányos közbeiktatással határozhatók meg.

t a tételbe tartozó beton szilárdsága 5% alulmaradási valószínűséghez tartozó jellemző értékének kiszámítására szolgáló ún. Student-féle tényező, amelyet a 3.5.3., 3.5.6. illetve 3.5.7. szakaszok előírásai szerint kell meghatározni.

s a szórás, értékét a 3.5.4., 3.5.5. illetve a 3.5.6. szakaszok előírásai szerint kell meghatározni és számításba venni.

3.5.3. A nyomószilárdság ellenőrzésénél, ha az értékelés az ismert szórás elve alapján történik, akkor

$t = 1{,}645$

s az ismert szórás értéke, melyet a 3.5.4. vagy a 3.5.5. szakasz szerint kell számításba venni.

3.5.4. Az értékelésnél ismertnek feltételezhető szórás s a minősítendő beton készítéséhez ugyanazon kivitelező által felhasznált betonkeverékkel azonos összetételű és azonos származási helyű keverék korábbi alkalmazásai során 8 egymásutáni tételből vett, egyenként 10–15 elemű próba vizsgálati eredményeiből számítható.

Ha minden próba elemszáma azonos, akkor a tapasztalati szórások átlaga tekinthető az ismert szórás értékének. Amennyiben az egyes próbák elemszáma különböző, akkor a továbbiakban ismertnek feltételezett szórást a melléklet szerinti képlettel kell meghatározni.

Az értékelésnél csak egy évnél nem régebben meghatározott szórás vehető számításba és a mértékadó szórás megválasztásánál figyelembe kell venni a szórás időszakos (pl. hónapok vagy évszakok szerinti) változását. Az ismert szórás számításba vett értéke nem lehet kisebb 2 N/mm^2 értéknél.

3.5.5. Ha az építménybe a 3.2. szakasz szerinti betonmennyiségek legfeljebb felének megfelelő, azonos szilárdságú betont építenek be és nem áll rendelkezésre a 3.5.4. szakasz szerint meghatározott szórás-érték, valamint a 3.3.3. szakasz szerinti kis számú próbatest alapján akarnak minősíteni, akkor az értékelésnél számításba veendő szórást – a vizsgálati eredmények átlagának függvényében – a 2. táblázatból kell meghatározni.

A szórás értékei

2. táblázat

Rm N/mm^2	5	7	10	14	20	28	40	56
s N/mm^2	2,0	2,5	3,2	4,2	6,0	6,0	6,0	6,0

Megjegyzés: A táblázatban nem szereplő közbenső értékek arányos közbeiktatással határozhatók meg.

3.5.6. A nyomószilárdság ellenőrzésénél, ha az értékelés az ismeretlen szórás elve alapján történik, akkor a vizsgálati eredmények jellemző értékének képzésére szolgáló t tényező – az n szám függvényében – a 3. táblázatból vehető.

s a vizsgálati eredmények tapasztalati szórása

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma (R_i - R_m)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma R_i^2 - nR_m^2}{n-1}}$$

A szórás számításba vett értéke nem lehet kisebb 2 N/mm^2-nél.

Ha a szórás nagyobbra adódik, mint 0,4 R_m vagy 6,0 N/mm^2, akkor az adottságok figyelembevételével az alábbi módszerek valamelyikét kell alkalmazni:

– a próbatestek számát növelve új értékelést kell végrehajtani,
– a próbatestek számát 14-re vagy 32-re kell kiegészíteni; a vizsgálati eredmények jellemző értékének rendre a legkisebb, illetve a második legkisebb vizsgálati eredmény tekinthető,
– új minősítési egységeket kell kijelölni a vonatkozó előírások figyelembevételével úgy, hogy a tételekbe azonos, csak véletlen jellegű eltérést mutató betonkeverékek kerüljenek,
– a 4. fejezet szerinti ellenőrzési fajtát kell alkalmazni.

A t tényező értékei

3. táblázat

n	10	12	14	16	18	20	25	30	40	> 40
t	1,79	1,77	1,75	1,73	1,72	1,71	1,70	1,69	1,68	1,645

3.5.7. Ha a betont az ismeretlen szórás elve alapján a 3.3.5. szakasz szerinti 3 próbatest vizsgálati eredményeiből értékelik, akkor az R_k jellemző érték kiszámításánál

$t = 2{,}28$

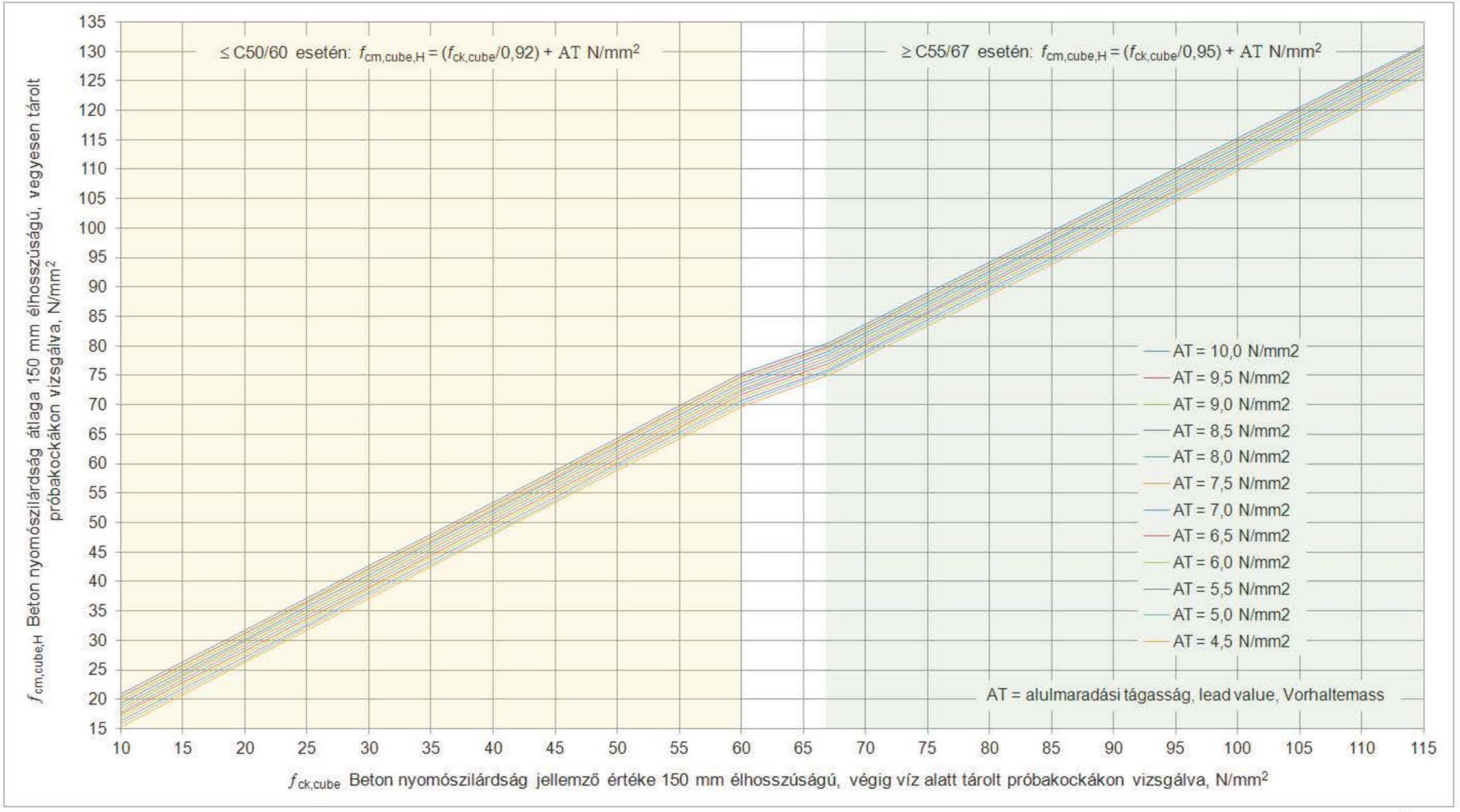
$$s = \frac{R_{max} - R_{min}}{1{,}69}$$

értéket kell számításbavenni, ahol

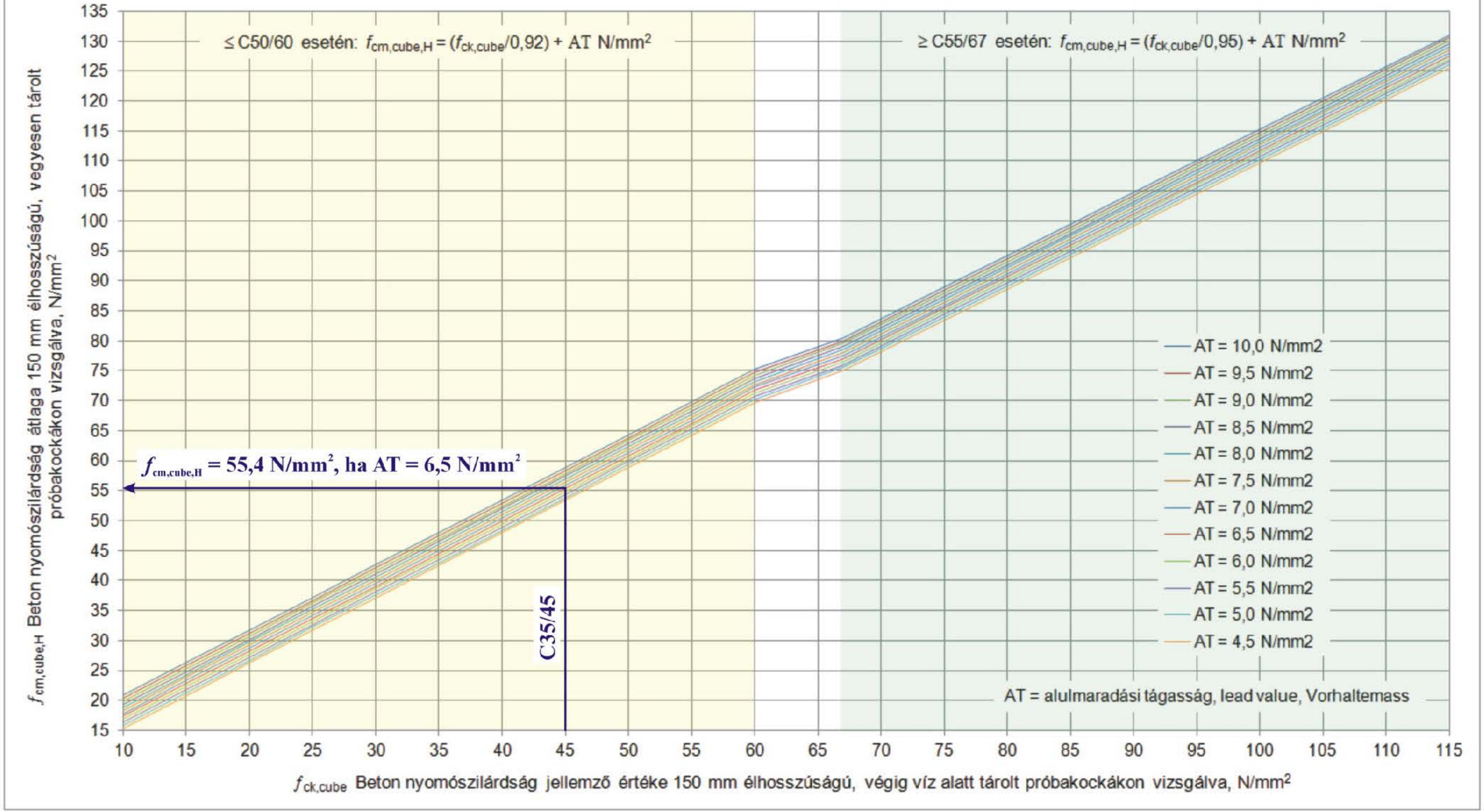
R_{max} ill. R_{min} a három vizsgálati eredmény közül a legnagyobb ill. a legkisebb.

A szórás számításbavett értéke nem lehet kisebb 2 N/mm^2-nél.

Összefüggés a beton jellemző értéke és a víz-cement tényező között,
ha a nyomószilárdságot 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockákon határozzák meg



Kausay



Az alulmaradási tágasság (AT) vagy az alulmaradási tényező (λ_{Taerw}-tényező vagy $t_{Student}$-tényező) és a szórás szorzataként adódó számérték, vagy az előírt konstans szám, más szóval az alulmaradási tágasság a nyomószilárdság átlag értékének és jellemző értékének különbsége.

Kausay

Forrás: Ujhelyi (2005)

$f_{cm,cube,H}$ 28 napos, vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú próbakockák átlagos nyomószilárdsága, N/mm²

85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10

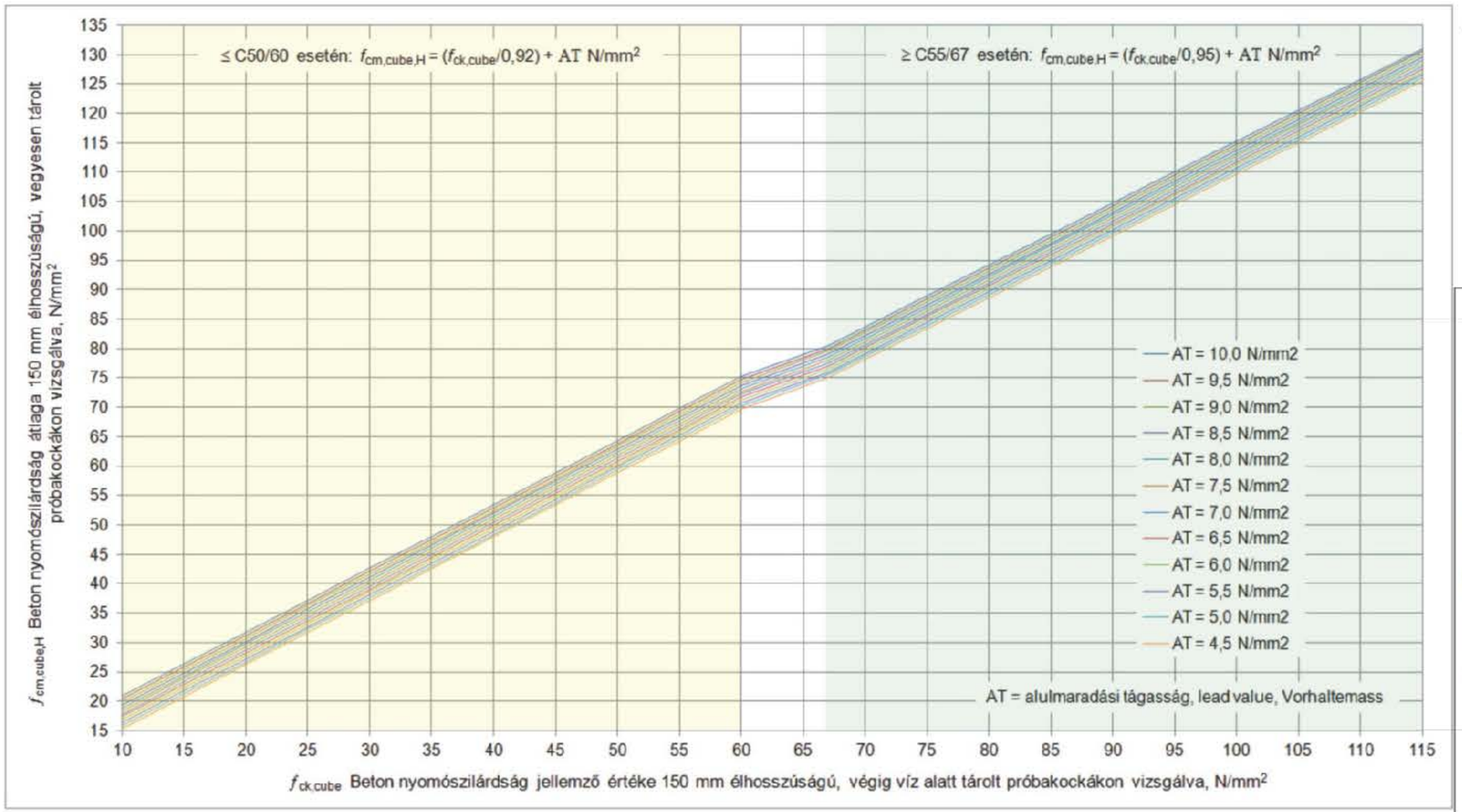
0,35 0,40 0,45 0,50 0,55 0,60 0,65 0,70 0,75 0,80 0,85

x Víz-cement tényező

CEM 52,5 tartomány

CEM 42,5 tartomány

CEM 32,5 tartomány



Dr. Ujhelyi János $f_{cm,cube,H}$ - *x* összefüggéseinek függvényalakja a következő:

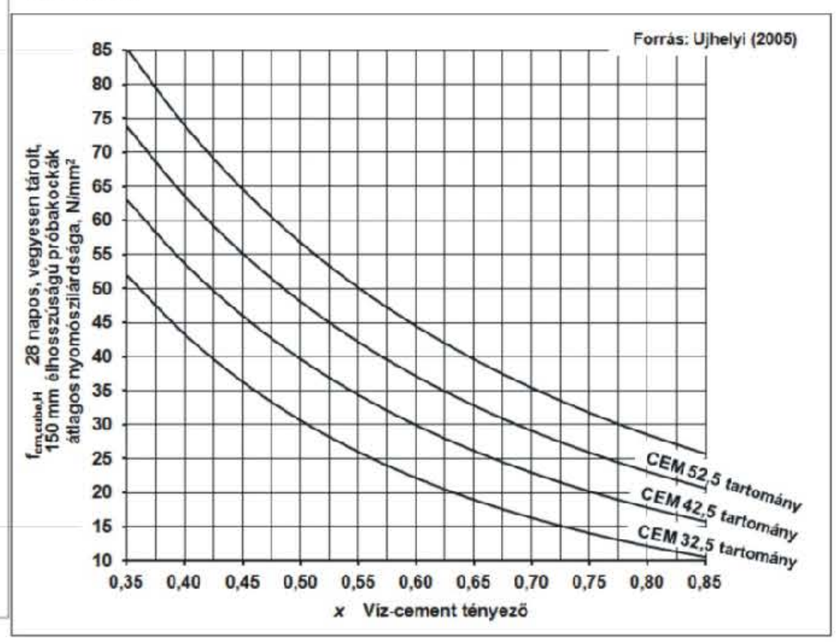
$$f_{cm,cube,H} = 469 \times e^{(-3,2 \times x^{0,6})}$$

$$f_{cm,cube,H} = 406 \times e^{(-3,3 \times x^{0,63})}$$

$$f_{cm,cube,H} = 374 \times e^{(-3,52 \times x^{0,65})}$$

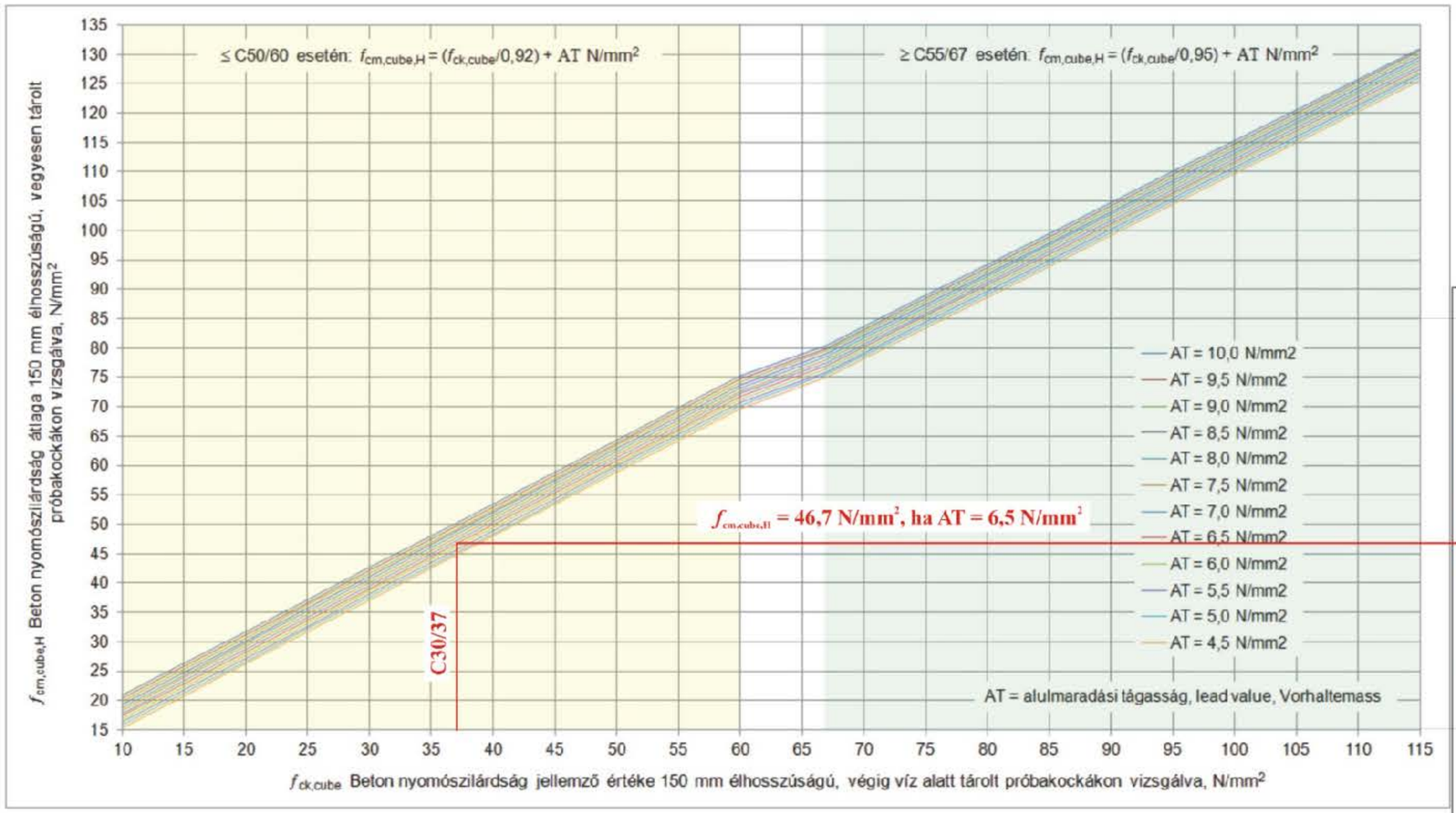
$$f_{cm,cube,H} = 356 \times e^{(-3,93 \times x^{0,68})}$$

Az összefüggések forrása:
Ujhelyi János: Beton-ismeretek.
Egyetemi tankönyv.
Műegyetemi Kiadó.
Budapest, 2005. / 43. ábra



Az alulmaradási tágasság (AT) vagy az alulmaradási tényező (λ_{Taerw}-tényező vagy $t_{Student}$-tényező) és a szórás szorzataként adódó számérték, vagy az előírt konstans szám, más szóval az alulmaradási tágasság a nyomószilárdság átlag értékének és jellemző értékének különbsége.

Kausay



Dr. Ujhelyi János $f_{cm,cube,H}$ - *x* összefüggéseinek függvényalakja a következő:

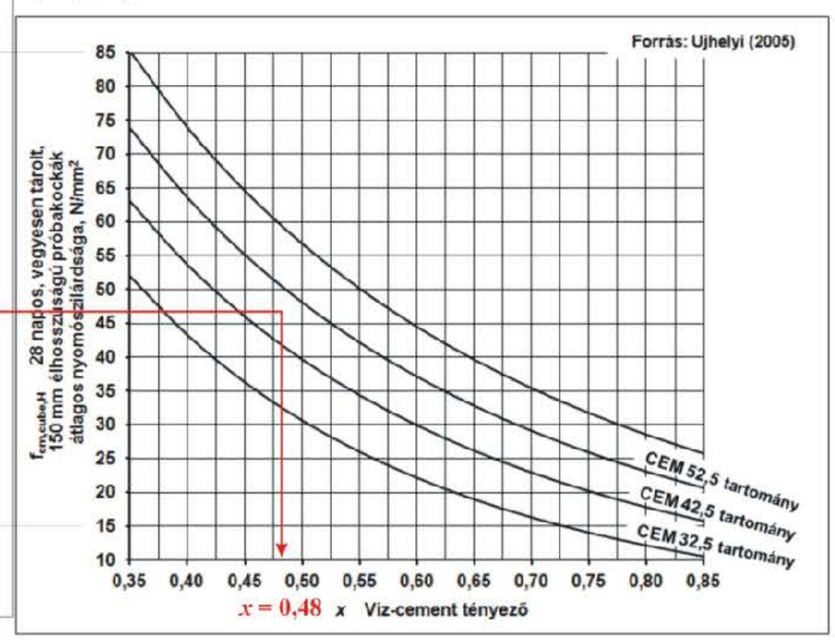
$$f_{cm,cube,H} = 469 \times e^{(-3,2 \times x^{0,6})}$$

$$f_{cm,cube,H} = 406 \times e^{(-3,3 \times x^{0,63})}$$

$$f_{cm,cube,H} = 374 \times e^{(-3,52 \times x^{0,65})}$$

$$f_{cm,cube,H} = 356 \times e^{(-3,93 \times x^{0,68})}$$

Az összefüggések forrása:
Ujhelyi János: Beton-ismeretek.
Egyetemi tankönyv.
Műegyetemi Kiadó.
Budapest, 2005. / 43. ábra



Az alulmaradási tágasság (AT) vagy az alulmaradási tényező (λ_{Taerw}-tényező vagy $t_{Student}$-tényező) és a szórás szorzataként adódó számérték, vagy az előírt konstans szám, más szóval az alulmaradási tágasság a nyomószilárdság átlag értékének és jellemző értékének különbsége.

Kausay

BETON KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI

az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány alapján [1]

BETON JELE	Nyomószilárdsági osztály	Környezeti osztály(ok)	Legnagyobb szemnagyság, mm	Konzisztencia	50 évtől eltérő tervezési élettartam	Szabvány száma
Példák:	C30/37	– XC4	– 32	– F3		– MSZ 4798:2016
	C35/45 – AC_{50}(H) [2]	– XC4 + XA3	– 24	– S2	– 100 év	– MSZ 4798:2016

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább [2]	Beton cementtartalma, legalább, kg/m³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegőtartalma [3] MSZ 4798 táblázata
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett beton szerkezetek					
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	165	0,90	NAD F2.
	Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció				
Káros környezeti hatás nem éri a betont	X0b(H)	C12/15	230	0,75	NAD F2.
	Például: Vasalatlan alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges födémbéléstest, üreges válaszfallap, üreges zsaluzóelem, kétrétegű járdalap hátbetonja, kétrétegű útburkolóelem hátbetonja, üreges pince-falazóelem, belső főfali üreges főfal-falazóelem, belső főfali tömör főfal-falazóelem				
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek					
Karbonátosodáson kívül egyéb **káros környezeti hatás nem éri** a vasalt betont (nem vasbetont!)	X0v(H)	C16/20	250	0,70	NAD F2.
	Például: Száraz helyen lévő vasalt alapbeton, vasalt térhatároló beton				
Karbonátosodásnak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton	XC1	C20/25	260	0,65	NAD F2.
	Például: Belső pillér, belső födém, vízszint alatti betonok				
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton	XC2	C25/30	280	0,60	NAD F2.
	Például: Épületalap, támfalalap, mélyalap, alaplemez, kiegyenlítő lemez betonja				
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton	XC3	C30/37	280	0,55	NAD F2.
	Például: Fürdőépület szerkezete, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betonja				
Váltakozva nedves és száraz, vízpermetnek kitett helyen lévő beton	XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2.
	Például: Szárnyfal, pincefal, fúrt cölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy födém betonja				
Kloridoknak ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [4]					
Mérsékelten nedves helyen, levegőből származó kloridokkal (sópárával), de jégolvasztó sókkal nem érintkező beton	XD1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Például: Vegyipari üzem szerkezete, szabadban lévő szerkezet vegyipari üzem környezetében, sópince és környezete				
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridokkal érintkező, de jégolvasztó sókkal nem érintkező beton	XD2	C35/45	320	0,50	NAD F2.
	Például: Alépítmény, számyfal, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek, klorid-tartalmú talajvízzel érintkező szerkezetek, ha az agresszív víz klorid-tartalma Cl^- > 500 mg/liter				
Váltakozva nedves és száraz helyen, jégolvasztó kloridok permetével, sólével érintkező beton	XD3	C35/45	320	0,45	NAD F2.
	Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett betonja				

MEGJEGYZÉSEK:

[1] E táblázat alkalmazása az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint kötelező.

[2] Vasbetont csak legalább C20/25, feszített vasbetont csak legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból szabad készíteni (MSZ 4798:2016 és MSZ EN 13369:2013).
Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az Eurocode 2, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezik és határozzák meg, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC_{50}(H) kísérőjelet.

[3] A friss beton levegőtartalma feszített vasbeton esetén az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3.táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal legyen kisebb.
Ha a beton újrahasznosított adalékanyaggal készül, akkor a friss beton levegőtartalma az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3. táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal nagyobb lehet.

[4] Magyarországon a fagy- és olvasztósó-álló betonokat az XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe kell sorolni.

[5] A felületet függőlegesnek kell tekinteni, ha 5%-nál meredekebb; és vízszintesnek, ha lejtése legfeljebb 5%.
A fagy- és olvasztósó-állósági követelmények az MSZ 4798:2015 szabvány 5.5.5. szakasza szerintiek.

[6] Az e-UT 07.02.11:2011 útügyi műszaki előírás 2.1.5.2. szakasza szerint légbuborékképző adalékszerek alkalmazása közúti hidak teherhordó szerkezeteiben nem megengedett.

[7] A beton környezeti osztályba sorolásához az agresszív talajvíz és talaj kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatában találhatók.

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább [2]	Beton cementtartalma, legalább, kg/m³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegőtartalma [3] MSZ 4798 táblázata
Függőleges felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [5]					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és **fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli** fagyálló beton	XF1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek				
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, **fagynak és jégolvasztó sók permetének kitett** fagyálló beton	XF2	C25/30	300	0,55	NAD F3.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. [6] Példa: Útépítési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
	XF2(H)	C35/45	320	0,50	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek. Alkalmazása út- és repülőtéri burkolati elemek esetén **tilos!**				
Vízszintes felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [5]					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és **fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli** fagyálló beton	XF3	C30/37	320	0,50	NAD F3.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. [6] Példa: Útépítési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
	XF3(H)	C40/50	340	0,45	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek. Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén **tilos!**				
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek, **fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett** fagyálló beton	XF4	C30/37	340	0,45	NAD F3.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. [6] Például: Útpályabetonok, hídon átvezetett útburkolatok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
	XF4(H)	C40/50	360	0,40	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek. Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén **tilos!**				
Talajvíz és talaj (alapvetően duzzadásos és esetleg oldódásos) **kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek** [7]					
Enyhén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fúrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Mérsékelten agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA2	C30/37	320	0,50	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fúrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Nagymértékben agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA3	C35/45	360	0,45	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fúrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				

[8] A beton környezeti osztályba sorolásához az egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázatában találhatók.
Az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint meghatározott legnagyobb vízbehatolás 20 mm lehet.

[9] A cement-tartalom a megkövetelt legkisebb értéket legfeljebb 5%-kal haladhatja meg. II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legkisebb cement-tartalom alatt legkisebb hatékony kötőanyag-tartalom értendő.

[10] II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legnagyobb víz-cement tényező alatt legnagyobb víz-(hatékony kötőanyag) tényező értendő.

[11] A kopásállóságot az MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti Böhme-féle vizsgálattal az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.6. szakaszában leírtaknak megfelelően kell meghatározni.

[12] A beton MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány által módosított MSZ EN 1917:2003 szabvány D melléklete szerinti vízfelvétele betonszerkezet esetén ≤ 6,0 tömeg%, vasbetonszerkezet esetén ≤ 4,0 tömeg%, feszített vasbeton szerkezet esetén ≤ 2,0 tömeg% legyen.

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább [2]	Beton cementtartalma, legalább, kg/m³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegőtartalma [3] MSZ 4798 táblázata
Egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. (alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos) **kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek** [8]					
Közcsatornába bocsátható, **enyhén agresszív** szennyvizek, valamint egyéb enyhén agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok	XA4(H)	C30/37	320 [9]	0,45 [10]	NAD F2.
	Például: Szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja, enyhén agresszív szennyvizekkel érintkező műtárgyak, enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíz (esővíz) tároló műtárgyak stb. betonja				
Közcsatornába bocsátható, **közepesen agresszív** szennyvizek, valamint egyéb közepesen agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok. A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét ajánlott védőréteggel bevonni!	XA5(H)	C30/37	330 [9]	0,43 [10]	NAD F2.
	Például: Szennyvíztisztító telepek elsődleges (mechanikai) és másodlagos (biológiai) tisztítási műtárgyainak betonja, közcsatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők, és szennyvíziszap kezelési műtárgyak betonja, valamint közepesen agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígtrágyatároló és kezelő medencék, istálló padozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók, kémény fedkoszorúk stb. betonja				
Közcsatornába nem bocsátható, **fokozottan agresszív** szennyvizek, valamint egyéb fokozottan agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok. A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét védőréteggel kell bevonni!	XA6(H)	C35/45	345 [9]	0,40 [10]	NAD F2.
	Például: Közcsatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja, valamint fokozottan agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel vagy anélkül, állatetető vályúk, takarmány silók, mezőgazdasági erjesztő silók, faanyag szárító csarnokok, vasúti kocsi mosók, veszélyes hulladék tárolók stb. betonja				
Kopásálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [11]					
Mérsékelten kopásálló, k14/21 jelű kavics- vagy zúzottkőbeton	XK1(H)	C30/37	310	0,50	NAD F2.
	Például: Silók, bunkerek, tartályok könnyű anyagok tárolására, garázspadozatok, lépcsők, járólapok, kopásálló réteggel ellátott ipari padlóburkolatok kopásálló réteg nélkül				
Kopásálló, k12/18 jelű zúzottkőbeton	XK2(H)	C35/45	330	0,45	NAD F2.
	Például: Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező betonok, egyrétegű járdalapok és monolit járdák, kétrétegű járdalapok kopórétege, közönséges útszegélyelemek, beton és vasbeton lépcsők, aknafedlapok				
Fokozottan kopásálló, k10/15 jelű zúzottkőbeton	XK3(H)	C40/50	350	0,40	NAD F2.
	Például: Egyrétegű útburkolóelemek, kétrétegű útburkolóelemek kopórétege, kopásálló útszegélyelemek, útpályaburkolatok, repülőtéri fel(le)szállópályák és gördülő utak, konténer átrakó állomások térburkolata				
Igen kopásálló, k8/12 jelű zúzottkőbeton	XK4(H)	C45/55	370	0,38	NAD F2.
	Például: Nehéz és hernyótalpas járművek járta térburkolatok, kopóréteg nélküli ipari padlóburkolatok				
Vízzáró beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Csak légköri nyomáson lévő **nedvességálló** (nem vízzáró) beton [12]	XV0(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
	Például: Talajvízszint feletti föld alatti szerkezetek, vagy vízelszívással tartósan víztelenített környezetű szerkezetek				
Mérsékelten vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 50 mm mélyen hatol be [13]	XV1(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
	Például: Pincefalak, csatornafalak, mélyalap, áteresz, folyóka, surrantóelemek, mederlapok, mederburkolóelem, rézsűburkolat, víztároló medencék, záportározók, esővízgyűjtő aknák				
Közepesen vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 35 mm mélyen hatol be [13]	XV2(H)	C30/37	300	0,50	NAD F2.
	Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, víztároló medencék, föld alatti garázsok, aluljárók külön szigetelőréteg nélkül, földalatti alaptestek, kiegyenlítő lemezek				
Fokozottan vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 20 mm mélyen hatol be [13]	XV3(H)	C30/37	300	0,45	NAD F2.
	Például: Mélygarázsok, mélyraktárak, alagutak külső határoló szerkezete, vízépítési műtárgyak				

[13] A vízzáróságot az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Kausay 2018.

Az MSZ 4719:1982, az MSZ 4798-1:2004 (MSZ EN 206-1:2002) és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti beton nyomószilárdsági osztályok megfeleltetése

MSZ 4719:1982	MSZ 4798-1:2004 MSZ EN 206-1:2002	MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2
C 8 (10)	C8/10	–
C 12 (15)	C12/15	–
C 16 (20)	C16/20	C12/15
C 20 (25)	C20/25	C16/20
C 25 (30)	C25/30	C20/25
C 30 (35)	C30/37	C25/30
C 35 (40)	C35/45	C30/37
C 40 (45)	C40/50	C35/45
C 45 (50)	C45/55	C40/50
C 50 (55)	C50/60	C45/55
C 55 (60)	C55/67	C50/60
$R_k = R_m - k \cdot t \cdot s$ ahol t_n = *Student*-tényező Lásd az MSZ 4720-2:1980 szabványt is. Zárójelben a nyomószilárdsági osztály jelében nem szereplő, de annak megfelelő $R_{k,cube}$ értékek találhatók.	$f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - \mathbf{4}$ vagy $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - \lambda_n \cdot s$ ahol λ_n = *Taerwe*-tényező A szabvány az $n = 15$ darabnál kevesebb próbatest esetére a *Taerwe*-tényező értékét meg sem adja. Azonos n esetén: $\lambda_n < t_n$	A nyomószilárdsági osztálynak eggyel nagyobb fokozatú MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti osztályhoz való illesztését a küszöbszilárdságok számításmódjának eltérő volta indokolja: $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - \mathbf{8}$ Például 30+4 ~ 25+8, miáltal az $f_{cm,cyl}$ átlag értékek hozzávetőlegesen illeszkednek egymáshoz.
Próbatestek tárolása, kizsaluzás után		
vegyes tárolás: 7 napos korig víz alatt (20±3 °C) vagy klímateremben (95±5 % rel. páratart.), azután szilárdság vizsgálatig laboratóriumi levegőn (20±5 °C és min. 55 % rel. páratart.)	szilárdság vizsgálatig végig (20 ± 5) °C hőmérsékletű víz alatt, vagy (20 ± 2) °C hőmérsékletű, ≥ 95% relatív páratartalmú klímaszekrényben.	szilárdság vizsgálatig végig (20 ± 5) °C hőmérsékletű víz alatt, vagy (20 ± 2) °C hőmérsékletű, ≥ 95% relatív páratartalmú klímaszekrényben.

A témakörben megjelent néhány folyóiratcikk

Erdélyi Attila: A beton nyomószilárdsági osztályai. Beton szakmai havilap, X. évf. 1. szám, 2002. január, pp. 18-19.

Ujhelyi János: A vasbeton szerkezetek biztonsága. Beton szakmai havilap, X. évf. 2. szám, 2002. február, pp. 8-11

Ujhelyi János: A nyomószilárdság ellenőrzése a betonkeverékből készített próbatestek segítségével. Beton szakmai havilap, X. évf. 3. szám, 2002. március, pp. 8-9.

Szalai Kálmán: A beton parciális tényezőjének összetevői. Beton szakmai havilap, X. évf. 4. szám, 2002. április, pp. 11-13.

Ujhelyi János: Észrevétel dr. Szalai Kálmán „A beton parciális tényezőjének összetevői" című cikkéhez. Beton szakmai havilap, X. évf. 5. szám, 2002. május, pp. 18.

Szalai Kálmán: Válasz Ujhelyi János hozzászólására. Beton szakmai havilap, X. évf. 5. szám, 2002. május, pp. 18-19.

Erdélyi Attila – Nehme Salem Georges: Az MSZ, illetve az EN szerinti beton szilárdsági osztályok pontosított összehasonlítása I. Beton szakmai havilap, X. évf. 6. szám, 2002. június, pp. 3-7.

Erdélyi Attila – Nehme Salem Georges: Az MSZ, illetve az EN szerinti beton szilárdsági osztályok pontosított összehasonlítása II. Beton szakmai havilap, X. évf. 7-8. szám, 2002. július-augusztus, pp. 3-7.

Ujhelyi János: Megfelelőségi feltételek az MSZ EN 206 és az MSZ 4798 szerint. Beton szakmai havilap, XI. évf. 1. szám, 2003. január, pp. 3-8.

Szalai Kálmán – Kovács Tamás: Az MSZ EN 206-1 és az MSZ 4798 szerinti követelmények hazai hídépítésben való alkalmazásának problémái, és javaslat a megoldásra. Beton szakmai havilap, XIII. évf. 5. szám, 2005. május, pp. 3-6.

Kausay Tibor: A beton nyomószilárdságának elfogadása. Vasbetonépítés. VIII. évf. 2006. 2. szám. pp. 35-44.

Kausay Tibor: Észrevétel a beton próbatestek nyomószilárdsági vizsgálatához. Beton szakmai havilap, XIII. évf. 12. szám, 2005. december, pp. 15.

Kausay Tibor: Alulmaradási tényező. Beton szakmai havilap, XV. évf. 1. szám, 2007. január, pp. 3-5.

Kausay Tibor: Azonosító vizsgálat I. Szabványos eljárás. Beton szakmai havilap, XV. évf. 2. szám, 2007. február, pp. 6-8.

Kausay Tibor: Azonosító vizsgálat II. Student-eloszlás alapján. Beton szakmai havilap, XV. évf. 3. szám, 2007. március, pp. 10-12.

Az (1982. előtti szabványos) 200 mm méretű,
vegyesen tárolt próbakocka nyomószilárdságának ($f_{ci,cube200,H}$)
átszámítása
a (ma szabványos) Ø150·300 mm méretű,
végig víz alatt tárolt próbahenger nyomószilárdságára ($f_{ci,cyl}$)

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.1.2. szakasza és a DIN 1045-2:2008 szabvány 5.5.1.2. szakasza szerint C50/60 nyomószilárdsági osztályig[1] bezárólag:

- A 150 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbakocka ($f_{ci,cube}$) és a 150 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka ($f_{ci,cube150,H}$) nyomószilárdságának kapcsolata:

$$f_{ci,cube} = 0{,}92 \cdot f_{ci,cube150,H} \qquad (1)$$

Az MSZ 4715-4:1972 szabvány[2] F2. fejezete szerint, ha[3] $f_{ci,cube150,H} \geq 28{,}0$ N/mm^2:

- A 150 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka ($f_{ci,cube150,H}$) és a 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka ($f_{ci,cube200,H}$) nyomószilárdságának a kapcsolata:

$$f_{ci,cube150,H} = (1/0{,}92) \cdot f_{ci,cube200,H} \qquad (2)$$

- A 150 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbakocka ($f_{ci,cube}$) és a 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka ($f_{ci,cube200,H}$) nyomószilárdságának a kapcsolata a fenti feltételek mellett, ha a (2) összefüggést az (1) összefüggésbe helyettesítjük:

$$\boldsymbol{f_{ci,cube} = f_{ci,cube200,H}} \qquad (3)$$

Mondhatjuk tehát, hogy a 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka nyomószilárdságát tekintve annyit javít a nyomószilárdságon a 150 mm méretű próbakocka kisebb mérete, mint amennyit a végig víz alatti tárolása ront.

Az MSZ 4715-4:1972 szabvány[2] F3. fejezete szerint, ha[4] $f_{ci,cube150,H} \geq 28{,}0$ N/mm^2:

- A 150 mm méretű próbakocka ($f_{ci,cube}$) és a Ø150·300 mm méretű, vegyesen tárolt próbahenger ($f_{ci,cyl}$) nyomószilárdságának kapcsolata, ha feltételezzük, hogy a viszonyszámot a tárolás módja nem befolyásolja, tehát a mai végig víz alatti tárolás esetén ugyanaz, mint volt a korábbi vegyes tárolás esetén:

$$f_{ci,cube} = (1/0{,}74) \cdot f_{ci,cyl} \qquad (4)$$

---

[1] A C55/67 nyomószilárdsági osztályban és attól felfelé próbakockák esetén a szorzó értéke 0,95. (Hillsdorf, H. K.: Betonkalender. Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1993. Teil I. p. 43.) Ez az átszámítás próbahengerek esetén nem alkalmazható, mert a víz alatt tárolt és a vegyesen tárolt szabványos méretű próbahengerek nyomószilárdságának hányadosa nem 0,92, hanem mintegy 0,97.

[2] Az MSZ 4715-4:1972 szabvány ma már nem érvényes, de irodalomként használható. Ugyanez az összefüggés megtalálható a *Palotás László – Balázs György*: „Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. Beton – Habarcs – Kerámia – Műanyag" (Akadémiai kiadó, Budapest, 1980.) című könyv 3.42. szakaszában, a 154. oldalon.

[3] Ha $f_{ci,cube150,H} \leq 20{,}0$ N/mm^2, akkor a szorzó nem 1/0,92, hanem 1/0,94. (20-28 N/mm^2 között lehet interpolálni: 1/0,93)

[4] Ha $f_{ci,cube150,H} \leq 20{,}0$ N/mm^2, akkor a szorzó nem 1/0,74, hanem 1/0,80. (20-28 N/mm^2 között lehet interpolálni: 1/0,77)

- A Ø150·300 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbahenger ($f_{ci,cyl}$) nyomószilárdságának és a 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka ($f_{ci,cube200,H}$) nyomószilárdságának a kapcsolata a fenti feltételek mellett, ha a (3) összefüggés baloldalába a (4) összefüggést helyettesítjük:

$$f_{ci,cyl} = 0{,}74 \cdot f_{ci,cube200,H} \tag{5}$$

- Az átlagos nyomószilárdságok viszonya a fenti feltételek mellett ugyanez:

$$f_{cm,cyl} = 0{,}74 \cdot f_{cm,cube200,H} \tag{6}$$[5]

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 európai méretezési szabvány 3.1 táblázata szerint az alulmaradási tágasság értéke a beton nyomószilárdsági osztályától független konstans érték: $\lambda = 8$ N/mm^2, azaz a beton Ø150·300 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett jellemző értékének ($f_{ck,cyl}$) és átlagos értékének ($f_{cm,cyl}$) a kapcsolata a következő

$$f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8 \tag{7}$$

Eszerint a (6) és (7) összefüggésből a beton Ø150·300 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett jellemző értékének ($f_{ck,cyl}$) és a 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakockák átlagos nyomószilárdságának ($f_{cm,cube200,H}$) a kapcsolata a fenti feltételek mellett:

$$f_{ck,cyl} = 0{,}74 \cdot f_{cm,cube200,H} - 8 \tag{8}$$[6]

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD N2. táblázatát (az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabványtól eltérően) annak feltételezésével fogalmazták meg, hogy az alulmaradási tágasság a nyomószilárdsági osztállyal növekvő szórás, azaz a nyomószilárdsági osztály függvénye, és így a nyomószilárdsági osztály és a 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakockák átlagos nyomószilárdságának ($f_{cm,cube200,H}$) értéke a következő táblázat (2) oszlopa szerinti. A táblázat (3) oszlopában tüntettük fel az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti (konstans alulmaradási tágasság), a fenti (8) összefüggésnek megfelelő átlagértéket. A táblázat (4) oszlopában azt számítottuk ki, hogy mekkora a beton 1982. előtti szabványos, vegyesen tárolt, 200 mm méretű próbakockán mért nyomószilárdságának megkövetelt átlagértéke a fenti (8) összefüggés alapján, ha az alulmaradási tágasság a nyomószilárdsági osztály függő változója.

A beton nyomó-szilárdsági osztálya az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint $C f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$	A beton 1982. előtti szabványos, vegyesen tárolt, 200 mm méretű próbakockán mért nyomószilárdságának megkövetelt átlagértéke $f_{cm,cube200,H}$ N/mm^2		
	ha az alulmaradási tágasság függő változó (MSZ 4798-1:2004 NAD N2. táblázata)	a fenti (8) összefüggés alapján, és ha az alulmaradási tágasság konstans (MSZ EN 1992-1-1:2010)	a fenti (8) összefüggés alapján, és ha az alulmaradási tágasság függő változó (MSZ 4798-1:2004)
(1)	(2)	(3)	(4)
8/10	$f_{ck,cube}+4 = 14$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,78 = 21$	$(f_{ck,cyl}+4\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,78 = 14$
12/15	$f_{ck,cube}+5 = 20$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,78 = 26$	$(f_{ck,cyl}+5\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,78 = 21$
16/20	$f_{ck,cube}+6 = 26$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,78 = 31$	$(f_{ck,cyl}+6\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,78 = 27$
20/25	$f_{ck,cube}+7 = 32$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,76 = 36$	$(f_{ck,cyl}+7\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,76 = 34$
25/30	$f_{ck,cube}+8 = 38$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,74 = 45$	$(f_{ck,cyl}+8\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,74 = 43$
30/37	$f_{ck,cube}+10 = 47$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,74 = 51$	$(f_{ck,cyl}+10\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,74 = 51$
35/45	$f_{ck,cube}+12 = 57$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,74 = 58$	$(f_{ck,cyl}+12\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,74 = 60$
40/50	$f_{ck,cube}+14 = 64$	$(f_{ck,cyl}+8)/0,74 = 65$	$(f_{ck,cyl}+14\cdot f_{ck,cyl}/f_{ck,cube})/0,74 = 69$

A fenti táblázat értékei is figyelmeztetnek arra, amit *dr. Palotás László* professzor a könyvében (*Palotás László – Balázs György*: „Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. Beton – Habarcs – Kerámia – Műanyag”, Akadémiai kiadó, Budapest, 1980., 3.42.3 szakasz, 160. oldal) hangsúlyozott: „Természetesen az átszámítási együtthatók tájékoztató jellegűek, értékük a betontechnológiai körülmények (cementtartalom, víz-cement tényező, szemszerkezet stb.) függvénye, s épp ezért célszerű adott esetben az átszámítási együttható értékét kísérletileg megállapítani.”

Hivatkozott irodalom

MSZ 4715-4:1972 Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata

MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon

MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok

DIN 1045-2:2008 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

A BETON NEMZETI KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI MAGYARORSZÁGON

Dr. Kausay Tibor

A *fib* Magyar Tagozatának „Concrete Structures” folyóirata 2023. évi számának 68-77 oldalán megjelent „National exposure classes of concrete in Hungary” című cikk (http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2023/cs2023_10.pdf, https://www.betonopus.hu/some/exposure-classes.pdf) magyar szövege.

A beton-, illetve vasbetonszerkezetek megfelelő tartósságának feltétele a környezeti osztályokba sorolt betonok követelményének teljesítése, főleg akkor, ha különleges környezeti hatások érik. Ezért megfelelő összetételű, tömörségű és szilárdságú beton készítendő - valamint a vasbetonok esetén az előírt betonfedés betartása nélkülözhetetlen. Ebben a publikációban az MSZ 4798 magyar nemzeti betonszabvány szerinti, az EN 206 európai szabványon túlmenő szigorúbb környezeti osztályok alkalmazásának feltételeit tárgyaljuk. Elképzelhető, hogy a CEN ezekből az itt javasolt, új „X jelű” osztályokból az EN 206 következő kiadásában egyeseket fel tudna használni.

Kulcsszavak: vegyi hatás, koptatás, víznyomás, betonkorrózió, beton környezeti osztály

1. BEVEZETÉS

Magyarország 2003. január 1. óta a CEN (Comité Européen de Normalisation) teljes jogú tagja, és az EN (Normes Européennes) európai szabványokat a megjelenést követő hat hónapon belül MSZ EN jelzettel változatlan tartalommal bevezeti. Az MSZ jelzet a „magyar szabvány” (hungarian standard) kifejezés szavainak a kezdőbetűjéből származik. Így például az EN 206 európai betonszabvány magyar verziójának jelzete: MSZ EN 206, az MSZ EN 206 szabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentumának a jelzete pedig: MSZ 4798.

A magyar MSZ 4798 szabványban kiemelten foglalkoznak a beton környezeti osztályaival, és bevezettek olyan magyar környezeti osztályokat, amelyek az EN 206 szabvány környezeti osztályainak magyarországi bővítését, kiegészítését jelentik. A magyar környezeti osztályok jele zárójelben tartalmazza Magyarország nemzetközileg jóváhagyott országjelét (H), például:

- az alárendelt szerepű betonok magyar környezeti osztályának jele: XN(H);
- a káros környezeti hatásnak ki nem tett betonok magyar környezeti osztályának jele: N0b(H);
- a karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatásnak ki nem tett gyengén vasalt betonok magyar környezeti osztályának jele: X0v(H);
- a fagyás-olvadás hatásának kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XF2(H) - XF4(H);
- az agresszív csapadékvizek, szennyvizek, folyadékok, kondenzációs vizek és gőzök okozta kémiai korróziónak kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XA4(H) - XA6(H);
- a talajban, nedves környezetben lévő, de víznyomásnak ki nem tett betonok magyar környezeti alosztályának jele: XV1(H)/V0;
- a víznyomásnak kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XV1(H) - XV3(H);
- a koptató hatásnak kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XK1(H) - XK4(H).

Az MSZ 4798 szabványnak a környezeti osztályok szerinti betonösszetételek határértékeit tartalmazó F. melléklete a módosításokkal (például: MSZ 4798:2016/2M:2018) együtt előírás, amelynek betartása kötelező.

2. MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK, HA NINCS KORRÓZIÓS VESZÉLY VAGY HATÁS

Ha káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű betont, mint például az aljzatbeton, a betonalapréteg, a cementstabilizáció stb., akkor a betont az XN(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Azt a szilárdsági szempontból jelentősebb betont, mint például az alapbeton, a kitöltő és kiegyenlítő beton, a hátbeton, a kézi falazóelembeton stb., amelyet káros környezeti hatás nem ér, az X0b(H) környezeti osztályba soroljuk.

A gyengén vasalt betonszerkezetek betonja, mint például a kevés betonacélt tartalmazó térhatároló beton stb., az X0v(H) környezeti osztályba sorolható, ha a betont a karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri. Gyengén vasalt betonszerkezetnek azt a szerkezetet kell tekinteni, amelyben a teherbírási követelmények kielégítésének igazolása során számításba vehető teljes acélbetét-keresztmetszet kisebb a teherhordó vasbeton szerkezetek méretezése, illetve szerkesztési előírásai szerint szükséges legkisebb mennyiségnél.

Az XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetétele az *1. táblázat* szerinti legyen.

1. táblázat: Határértékek a betonok összetételére, ha nincs korróziós veszély vagy hatás

Követelmények	Magyar környezeti osztályok		
	XN(H)	X0b(H)	X0v(H)
Legnagyobb víz-cement tényező	0,90	0,75	0,70
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C8/10	C12/15	C16/20
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	165	230	250
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*		

3. MAGYAR KIEGÉSZÍTÉS A KLORIDOK OKOZTA KORRÓZIÓ KOCKÁZATÁNAK KÖRNYEZETI OSZTÁLYAIHOZ

Az agresszív vízzel (talajvízzel, egyéb természetes vízzel, szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal) érintkező vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet betonját csak akkor kell XD2 környezeti osztályba sorolni, ha az agresszív víz kloridion-tartalma (Cl^-) több, mint 500 mg/liter.

Azokat a betonokat, amelyeket fagy és olvasztósó hatása is éri, az XD környezeti osztály helyett az XF2, XF2(H), XF4 vagy XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe kell sorolni.

4. MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK FAGYÁS-OLVADÁS OKOZTA KÁROSODÁS KOCKÁZATA ESETÉN

Az EN 206 európai szabvány F,1 táblázata szerint a fagyhatásnak kitett XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú betont legalább 4,0 térfogatszázalék levegőtartalmú friss betonból kell készíteni, ami azt jelenti, hogy az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú beton légbuborékképző adalékszerrel készített légbuborékos beton kell legyen.

Magyarországon megengedik a fagyhatásnak kitett beton készítését légbuborékképző adalékszer nélkül is, ha az nem út vagy repülőtéri pályaburkolat. Az ilyen mesterséges légbuborék nélküli beton MSZ 4798 szabvány szerinti környezeti osztályának jele: XF2(H), XF3(H) és XF4(H).

Az XF2(H) környezeti osztályba (jellemzője a mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal) akkor soroljuk a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő, függőleges vagy 5%-nál meredekebb felületű közlekedési (például hídépítési, útépítési) és egyéb monolit szerkezeteket és előregyártott elemeket, ha azokat fagy és sós víz permete éri.

Az XF3(H) környezeti osztályba (jellemzője a nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül) akkor soroljuk a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű közlekedési (például hídépítési, útépítési) és egyéb monolit szerkezeteket és előregyártott elemeket, ha azokat fagy és csapadék vagy víz éri.

Az XF4(H) környezeti osztályba (jellemzője a nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyaggal) akkor soroljuk a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű közlekedési (például hídépítési, útépítési) és egyéb monolit szerkezeteket és előregyártott elemeket, ha azokat fagy és csapadék vagy sós víz éri.

Az 5%-os emelkedésű, illetve lejtésű felület hajlásszöge arctg(0,05) ~ 2,86°.

Az XF2(H), XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *2. táblázatban* tüntettük fel.

2. táblázat: Határértékek a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok összetételére

Követelmények	Magyar környezeti osztályok		
	XF2(H)	XF3(H)	XF4(H)
Legnagyobb víz-cement tényező	0,50	0,45	0,40
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C35/45	C40/50	C40/50
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	320	340	360
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*		
Egyéb követelmény	E környezeti osztályok alkalmazása út és repülőtéri pályaburkolatok esetén tilos. A beton adalékanyaga fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló legyen.		

A közlekedési pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő olyan vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű felülettel rendelkező betonokat, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő víz vagy a közlekedési felületről származó vízpermet éri, az XF3 vagy XF3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Ha a közlekedési felületről felfröccsenő víz vagy a vízpermet sót is tartalmaz, akkor a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű felületű betonokat XF4 vagy XF4(H) környezeti osztályba soroljuk.

Az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú betonokat szilikaporral csak akkor szabad készíteni, ha a cement/kötőanyag tényező értéke legfeljebb 0,37, és az ilyen betonok kötését lassítani adalékszerrel általában nem szabad.

Valamennyi XF és XF(H) környezeti osztályú beton fagyállóságát, illetve fagy- és olvasztósó-állóságát peremes hámlasztással vagy bemerítéses kockavizsgálattal vagy kapilláris felszívásos hámlasztással a CEN/TS 12390-9 műszaki specifikáció szerint meg kell vizsgálni. A vizsgálat elvégzésének feltételei a *3. táblázatban* szerepelnek, a lehámlott anyag megengedett mennyiségére vonatkozó előírások pedig a *4. táblázatban* láthatók.

3. táblázat: A beton CEN/TS 12390-9 műszaki specifikáció szerinti fagyállósági, illetve fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálata elvégzésének feltételei Magyarországon

Fagyállósági vizsgálat
XF1 környezeti osztályú beton
A fagyállósági vizsgálat megegyezés esetén elhagyható, ha a beton összetétele az XF1 környezeti osztály szerinti követelményeknek megfelel.
XF3 környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF3 környezeti osztályú betonra vonatkozó fagyállósági követelménynek. A fagyállósági vizsgálat megegyezés esetén elhagyható, ha a szilárd beton légbuborék szerkezete az *5. táblázatban* szereplő követelményeknek megfelel.
XF3(H) környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF3(H) környezeti osztályú betonra vonatkozó fagyállósági követelménynek.
Fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat
XF2 környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF2 környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. A fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat megegyezés esetén elhagyható, ha a szilárd beton légbuborék szerkezete az *5. táblázatban* szereplő követelményeknek megfelel.
XF2(H) környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF2(H) környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek.
XF4 környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF4 környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. A fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata megegyezés esetén elhagyható, ha a szilárd beton légbuborék szerkezete kielégíti az *5. táblázatban* szereplő követelményeket.
XF4(H) környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF4(H) környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. Az EN 12390-8 szabvány szerint meg kell vizsgálni a szilárd beton vízzáróságát is, és a legalább 3 próbatesten meghatározott legnagyobb egyedi vízbehatolás mélysége legfeljebb 20 mm legyen.

4. táblázat: A beton CEN/TS 12390-9 műszaki specifikáció szerinti fagyállósági, illetve fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálatának előírásai Magyarországon

	Fagyállósági vizsgálat	Fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat
Peremes hámlasztás		
Fagyasztó folyadék	3 mm mély ionmentes víz	3 mm mély 3%-os NaCl-oldat
Lehámlott anyag megengedett legnagyobb tömege, g/m^2	XF1 osztályban	XF2 és XF2(H) osztályban
	átlag: 1500, egyedi érték: 2000	
	XF3 és XF3(H) osztályban	XF4 és XF4(H) osztályban
	átlag: 1000, egyedi érték: 1350	
Bemerítéses kockavizsgálat		
Fagyasztó folyadék	A próbatestet 25 ± 5 mm magasan ellepő ionmentes víz	A próbatestet 25 ± 5 mm magasan ellepő 3%-os NaCl-oldat
Lehámlott anyag megengedett legnagyobb tömege, tömegszázalék	XF1 osztályban	XF2 és XF2(H) osztályban
	átlag: 6,5, egyedi érték: 7,5	
	XF3 és XF3(H) osztályban	XF4 és XF4(H) osztályban
	átlag: 4,0, egyedi érték: 5,0	
Kapilláris felszívásos hámlasztás		
Fagyasztó folyadék	10 mm mély ionmentes víz	10 mm mély 3%-os NaCl-oldat
Lehámlott anyag megengedett legnagyobb tömege, g/m^2	XF1 osztályban	XF2 és XF2(H) osztályban
	átlag: 1500, egyedi érték: 2000	
	XF3 és XF3(H) osztályban	XF4 és XF4(H) osztályban
	átlag: 1000, egyedi érték: 1350	

A légbuborékképző adalékszerrel készített szilárd, fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok légbuborék szerkezetének magyar követelményei az *5. táblázatban* találhatók.

5. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készített szilárd, fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok légbuborék szerkezetének követelményei Magyarországon

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Távolsági tényező, legfeljebb, mm,	0,22	0,18
0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége, legalább, térfogatszázalék	1,2	2,2
Megjegyzés: A szilárd légbuborékos beton távolsági tényezőjét és a hatékony légbuborékok mennyiségét az EN 480-11 szabvány szerint kell megmérni.		

5. A FRISS BETON LEVEGŐTARTALMÁNAK ÉS A SZILÁRD LÉGBUBORÉKOS BETON LÉGBUBORÉK SZERKEZETÉNEK KÖVETELMÉNYÉRE VONATKOZÓ MAGYAR KIEGÉSZÍTÉSEK

Az EN 206 európai szabvány F,1 táblázatában az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú betonra előírt legalább 4,0 térfogatszázalék levegőtartalom – bár ezt a szabványban nem írták le, de realitás érzékünk szerint bizonyára – a friss beton tömörítési módtól függő légpórustartalmának és légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuboréktartalmának együttes összegére vonatkozik. Ez a számérték bizonyos esetekben nagyon kevés lehet, de egyéb pontosabb adat hiányában alkalmas arra, hogy első közelítésben felhasználjuk a friss fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton hozzávetőleges összetételének megtervezéséhez.

Magyarországon az MSZ 4798 szabvány készítői pontosították a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő friss betonok levegőtartalmára (*6. táblázat*) és a légbuborékképző adalékszerrel készülő friss betonok összes levegőtartalmára (*7. táblázat*) vonatkozó előírásokat.

6. táblázat: A légbuborékképző adalékszer nélkül készülő friss betonok tervezett levegőtartalma Magyarországon

Kon-zisz-tencia	Roskadási osztály	—	S1	S2, S3	S4, S5
	Tömörítési osztály	C1	C2	C3	C4
	Terülési osztály	F1	F2	F3	F4, F5, F6
Nyomószilárdsági osztály		Friss beton tervezett levegőtartalma, legfeljebb, térfogatszázalék			
C8/10		5,0	4,0	3,0	2,0
C12/15		4,0	3,0	2,0	1,5
C16/20		3,5	2,5	1,5	1,0
C20/25		3,0	2,0	1,0	1,0
C25/30		2,0	1,5	1,0	1,0
C30/37		1,5	1,0	1,0	1,0
C35/45 – C100/115		1,0	1,0	1,0	1,0
Feszített vasbeton esetén a friss beton levegőtartalma a fenti értékeknél – ha azok értéke ≥ 1,5 térfogatszázalék – 20%-kal kisebb legyen. Zúzottkőbeton esetén a friss beton levegőtartalma – kivéve az XK2(H), XK3(H) és XK4(H) környezeti osztályt – a fenti értékeknél 25%-kal nagyobb lehet.					

7. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készülő friss betonok tervezett összes levegőtartalma (légpórustartalom + légbuborék-tartalom) Magyarországon

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága, mm	A friss beton összes levegőtartalma (légpórustartalom + légbuborék-tartalom), térfogatszázalék	
8 és 12	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
24 és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
Feszített vasbeton esetén a friss beton levegőtartalma a fenti értékeknél – ha azok értéke ≥ 1,5 térfogatszázalék – 20%-kal kisebb legyen. Zúzottkőbeton esetén a friss beton levegőtartalma – kivéve az XK2(H), XK3(H) és XK4(H)		

környezeti osztályt – a fenti értékeknél 25%-kal nagyobb lehet.

6. MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK KÉMIAI KORRÓZIÓ KOCKÁZATA ESETÉN

Az EN 206 európai szabvány 1. táblázatában és F,1 táblázatában a betonnak csak a talaj és a természetes talajvíz okozta kémia korróziójával foglalkoznak, és az ilyen veszélynek kitett betonokat az XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolják. A magyar MSZ 4798 szabványban megfogalmazták az agresszív csapadékvízzel, kommunális vízzel, ipari és mezőgazdasági szennyvízzel, kondenzációs vízzel és egyéb agresszív folyadékokkal, gázokkal, gőzökkel, permetekkel és erjedő anyagokkal érintkező betonok XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolásának feltételeit.

Az XA4(H) környezeti osztályba soroljuk

a) a közcsatornába bocsátható, *enyhén* agresszív szennyvizekkel érintkező betonokat;
- Ilyen az *új létesítésű* szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja, függetlenül a *8. táblázat* szerinti kémiai jellemzőktől.
- Ha a *meglévő, enyhén agresszív* szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

b) és az *enyhén* agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonokat. Az enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíztároló (esővíztároló) műtárgyak stb. betonja a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

A savas esők időszakosan hatnak, ezért a velük érintkező betont általában elegendő az XA4(H) környezeti osztályba sorolni.

Az XA5(H) környezeti osztályba soroljuk

a) a közcsatornába bocsátható, *közepesen* agresszív szennyvizekkel érintkező betonokat;
- Ilyen az *új létesítésű*, közcsatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők és szennyvíztisztító telepi elsődleges (mechanikai és másodlagos (biológiai)) tisztítási műtárgyak, valamint szennyvíziszap-kezelési műtárgyak betonja, függetlenül a *8. táblázat* szerinti kémiai jellemzőktől.
- Ha a *meglévő, közepesen agresszív* szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

b) és a *közepesen agresszív* vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonokat. A közepesen agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígtrágyatároló és kezelő medencék, istállópadozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz-tároló medencéi, terménytárolók, kéményfedkoszorúk stb. betonja a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

Az XA6(H) környezeti osztályba soroljuk

a) a közcsatornába *nem* bocsátható, *fokozottan agresszív* szennyvizekkel érintkező betonokat;
- Ilyen az *új létesítésű,* közcsatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja, függetlenül a *8. táblázat* szerinti kémiai jellemzőktől.
- Ha a *meglévő, fokozottan agresszív* szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

b) és a *fokozottan agresszív* vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonokat. A fokozottan agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, füstgázelvezetéssel rendelkező vagy nem rendelkező hűtőtornyok, állatetető vályúk, takarmánysilók, mezőgazdasági erjesztősilók, faanyagszárító csarnokok, vasúti

kocsimosók, veszélyes hulladék tárolók stb. betonja a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályok kémiai jellemzőinek határértékei a *8. táblázatban* szerepelnek.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *9. táblázat* tüntettük fel.

8. táblázat: A környezeti osztályok határértékei szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió esetén

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Magyar környezeti osztályok		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
pH-érték Oldódásos korrózió Kénsavkorrózió esetén járulékos duzzadásos korrózió is	EN ISO 10523 (Referencia-módszer) EN 15933 MSZ 260-4 MSZ 1484-22	≤ 6,5 és ≥ 5,0	< 5,0 és ≥ 4,0	< 4,0 és ≥ 3,5
Vízkeménység Oldódásos korrózió	MSZ 448-21	≥ 3 és ≤ 7 nk°, illetve ≥ 0,54 és ≤ 1,25 mmol/liter lágy víz	< 3 nk°, illetve < 0,54 mmol/liter nagyon lágy víz	
Vízben oldott agresszív szén-dioxid (CO_2), mg/liter Oldódásos korrózió	EN 13577 (Referencia-módszer) MSZ 448-23	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100
Magnéziumion (Mg^{2+}), mg/liter Oldódásos korrózió	EN ISO 7980 (Referencia-módszer) EN ISO 14911 MSZ 260-52 MSZ 1484-3	≥ 100 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 2500	> 2500
Ammóniumion (NH_4^+), mg/liter Oldódásos korrózió	ISO 7150-1 (Referencia-módszer) EN ISO 14911 MSZ 260-9	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60
			Szennyvizek esetén:	
			> 30 és ≤ 100	> 100
SO_4^{2-}-tartalom, mg/liter Duzzadásos korrózió	EN 196-2	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 1500	> 1500

A 8. táblázat folytatódik

A 8. táblázat folytatása

További követelmények agresszív szennyvizekkel érintkező meglévő, felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonjának szennyvizek okozta kémiai korróziója esetén				
A dikromátos kémiai oxigénigény (DCOD) és az 5 napos biokémiai oxigénigény (BOD5) aránya, DCOD/BOD5 Oldódásos korrózió	DCOD, mg/liter esetén: ISO 6060 BOD5, mg/liter esetén: EN ISO 5815-1, EN 1899-2	≥ 4	< 4,0 és ≥ 2,5	< 2,5
Redoxpotenciál (ORP), mV Oldódásos korrózió	ASTM D1498-14	≤ -50 és ≥ -100	< -100 és ≥ -150	< -150

9. táblázat: Határértékek a szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok korróziós hatásának kitett betonok összetételére

Követelmények II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén	Magyar környezeti osztályok		
	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Legnagyobb víz/(hatékony kötőanyag) tényező	0,45	0,43	0,40
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C30/37	C30/37	C35/45
Cementtartalom, kg/m^3	320-365	330-380	345-395
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*		
Vízbehatolás legnagyobb mélysége az EN 12390-8 szabvány szerint vizsgálva, legfeljebb, mm	átlag: 20, egyedi érték: 22		

7. SZULFÁT-TARTALOM MEGHATÁROZÁS

Az EN 206, illetve az MSZ 4798 szabvány előírásának megfelelően az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány szerinti vizsgálati módszerrel meg kell határozni mind a beton XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolásához a talajok és talajvizek, mind a beton XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolásához a szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok szulfátion- (SO_4^{2-})-tartalmát.

Tekintettel arra, hogy ebben az esetben a szulfát-tartalom meghatározást nem cementeken, hanem betonkorróziót okozó anyagokon végezzük, az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány szerinti vizsgálati módszer néhány lépését ennek megfelelően kell szabályozni.

7,1. Talajok szulfát-tartalmának a meghatározása

7,1,1. Talajok szulfát-tartalmának meghatározása sósavas eljárással

A beton XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolásához a vizsgálandó talajból vett legalább 2 kg tömegű talajmintát lépésenként negyedeléssel 250 g-ra kell csökkenteni. Ezt a részt 110 ± 5 °C hőmérsékleten ki kell szárítani, majd 0,5 mm-nél kisebb szemnagyságúra kell aprítani. A vizsgálathoz 50 g szárított, aprított talajmintát használunk fel, amelyet 150 ml desztillált vízzel felöntve 24 órán át állni hagyunk. Másnap a desztillált vízzel felöntött

talajmintát rázógépen 1 órán át rázni kell, majd 250 ml térfogatú mérőlombikba kell szűrni, és a 250 ml térfogat eléréséig további desztillált vízzel kell mosni. Ha a szűrlet zavaros, akkor centrifugálással kell ülepíteni, és az oldat tiszta részét kell a további vizsgálatokhoz használni.

A szulfátionoknak az EN 196-2 szabvány 4,4,2,2. szakasza szerinti gravimetriás meghatározásához ebből a szűrletből 100 ml-t kell kimérni, amelynek hidrogénion-koncentrációját 1+11 hígítású sósavval (HCl) pH = 1,0-1,5 értékre kell beállítani.

A minta sósavas feltárasakor keletkező szulfátionokat az EN 196-2 szabványban leírtaknak megfelelően 1,0-1,5 pH-értéken bárium-klorid- ($BaCl_2$-) oldattal választjuk le. A leválasztott és finom pórusú szűrőpapíron átszűrt oldatot forrásban lévő vízzel klorid-mentesre mossuk, majd 950 ± 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig izzítjuk. Az így kapott bárium-szulfát tömegét ($m_{\text{báriumszulfát}}$) 0,343 értékkel megszorozva az SO_3 (kén-trioxid) tömegét kapjuk meg, amelyből a talaj SO_3-ban kifejezett szulfit-tartalmát százalékban a következő egyenlettel számítjuk ki:

$$SO_3{}^{[\%]} = \frac{m_{\text{báriumszulfát}} \times 0{,}343046 \times 100}{m_{\text{talajminta}}} = 34{,}30 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}} = \frac{SO_3{}^{[\text{mg/kg}]}}{10000}$$

A képletben szereplő 0,343 értékű átszámítási tényező a szulfition (SO_3) és a bárium-szulfát ($BaSO_4$) relatív molekulatömegének a hányadosa: 80,06/233,38 = 0,343046.

Az EN 206 szabvány 2. táblázatában a beton környezeti osztályba sorolásához a talaj szulfát-tartalmának határértékei nem $SO_3{}^{[\%]}$ (szulfit), hanem $SO_4{}^{[\text{mg/kg}]}$ (szulfát) alakban szerepelnek; ezért az EN 196-2 szabvány szerinti százalékos szulfition-tartalmat mg/kg mértékegységben kifejezett szulfátion-tartalomra át kell számítani. Az átszámítás képlete: $SO_4{}^{[\text{mg/kg}]} = 1{,}2 \times SO_3{}^{[\text{mg/kg}]} = 1{,}2 \times 10^4 \times SO_3{}^{[\%]}$, mert a szulfátion ($SO_4{}^{2-}$) relatív molekulatömege 96,06, a szulfition ($SO_3{}^{2-}$) relatív molekulatömege 80,06, ezek hányadosa pedig: 1,2.

A talajoknak a beton EN 206 szabvány szerinti XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba sorolásához szükséges, mg/kg mértékegységben kifejezett szulfátion-tartalmát úgy kapjuk meg, hogy az EN 196-2 szabvány szerinti, százalékos, $SO_3{}^{\%}$-ban kifejezett vizsgálati eredményt $1{,}2 \times 10^4$ értékkel megszorozzuk:

$$SO_4{}^{\left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right]} = 1{,}2 \times 10^4 \times SO_3{}^{[\%]} = 411655 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

Ha az 50:250 = 1:5 arányú talajminta-extraktum vizsgálata során a szulfátion-tartalom több, mint 6000 mg/kg, akkor a vizsgálatot 1:10 arányú talajminta-extraktummal meg kell ismételni.

7,1,2. Talajok szulfát-tartalmának meghatározása vizes eljárással

Az EN 206 szabvány 2. táblázata szerint a talajok szulfáttartalmát sósavas eljárás helyett vizes eljárással is meg szabad határozni, ha erre van tapasztalat.

Ebben az esetben a meghatározást az EN 1744-1 szabvány szerint előkészített mintával végezzük. A legalább 2 kg tömegű talajmintát lépésenként negyedeléssel 250 g-ra kell csökkenteni. Ezt a részt 110 ± 5 °C hőmérsékleten ki kell szárítani, majd 0,125 mm-nél kisebb szemnagyságúra addig kell aprítani, amíg legalább 20 g talajminta át nem hullik a 0,125 mm lyukbőségű szitán.

Ezután a vizsgálatot az EN 196-2 szabvány 4,4,2,2. szakasza szerint végezzük 2,00 + 0,05 g porított minta bemérésével. A vizsgálati eredmény ezúttal is:

$$SO_4\left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right] = 411655 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

7,2. Talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalmának a meghatározása

A szulfát-tartalmú talajvízzel érintkező betont az XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba, a szulfát-tartalmú szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal érintkező betont pedig az XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba soroljuk.

A beton XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba sorolásához a betont körülvevő talajvíz, illetve csapadékvíz, szennyvíz vagy egyéb agresszív folyadék stb. szulfát-tartalmát az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány szerinti módszerrel meg kell határozni, és mg/liter mértékegységben kell megadni.

Talajvizek, csapadékvizek, szennyvizek vagy egyéb agresszív folyadékok stb. szulfáttartalmának meghatározásakor az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány 4,4,2,2. szakasza szerinti eljárás annyiban módosul, hogy a méréshez cementpép helyett 250 ml szűrt talajvizet, illetve szennyvizet vagy egyéb agresszív folyadékot stb. használunk, melynek pH értékét 1+11 hígítású sósavval 1,0-1,5 értékre állítjuk be. A szulfátionok gravimetriás meghatározásához ezt az oldatot használjuk, melyet a továbbiakban az EN 196-2 szabvány 4,4,2,2. szakaszának „Forraljuk az oldatot 5 percig." kezdetű negyedik bekezdése szerint kezelünk.

A vizsgálati eredmény ebben az esetben is:

$$SO_4\left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right] = 411655 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

8. VÍZZÁRÓ BETONOK ÉS A VÍZFELSZÍVÁS VESZÉLYÉNEK KITETT BETONOK MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYA

Az MSZ 4798 szabvány szerint a betont

- ha vízoszlopnyomása > 100 mm és < 2000 mm, akkor XV1(H) környezeti osztályba;
- ha vízoszlopnyomása ≥ 2000 mm és ≤ 10000 mm, akkor XV2(H) környezeti osztályba;
- ha vízoszlopnyomása > 10000 mm, akkor XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

XV1(H) környezeti osztályba soroljuk a betont, ha a vízoszlop nyomása 2 m-nél kisebb (például pincefalak, csapadékelvezetők, víztároló medencék, átereszek, csapadékcsatornák, záportározók, esővízgyűjtő aknák).

XV2(H) környezeti osztályba soroljuk a betont, ha a vízoszlop nyomása 2 m és 10 m közé esik (például csatornák, gátak, partfalak, föld alatti garázsok és aluljárók külső határoló szerkezetei, víztároló medencék, vízépítési szerkezetek).

XV3(H) környezeti osztályba soroljuk a betont, ha a vízoszlop nyomása 10 m-nél nagyobb (például mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei, vízépítési szerkezetek)

Az EN 12390-8 szabvány szerint három próbatesten vizsgált vízbehatolás megengedett legnagyobb egyedi mélysége az XV1(H), XV2(H) és XV3(H) környezeti osztályú betonban a 10. táblázatban található érték

Nyomás nélkülinek tekintjük a vizet, ha vízoszlopnyomása ≤ 100 mm. Nyomás nélküli víz éri például a nedves közegbe ágyazott betont, talajnedvesség veszi körül a talajvízszint feletti alaptestek betonját, amelyeket vízfelvételük alapján az MSZ 4798 szabvány szerinti XV1(H)/V0 környezeti alosztályba soroljuk. Ilyen például a talajnedvességnek, talajpárának

kitett, talajvízszint felett fekvő alapozás vagy pincefal, vagy olyan mélygarázs, amelynek környezetében például vízelszívással, talajvíz-mentesítéssel (drénezés) tartósan megszüntették a víznyomást. Az XV1(H)/V0 környezeti alosztály általában más környezeti osztállyal társítva a földdel egy oldalon érintkező szerkezetek, például betontámfalak vízfelvételének korlátozására is alkalmas lehet.

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton nem tekinthető vízzáró betonnak.

XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolható a nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett szerkezeti elem betonja, ha az EN ISO 15148 szabvány szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója (angolul: water absorption coefficient): $W_{wt} \leq 2{,}0$ kg/(m^2·óra^{½}).

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton – a szerkezeti elem vastagságának és a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés az EN ISO 17892-11 szabvány szerinti Darcy-féle vízáteresztő-képességének mértékétől, illetve annak időbeni változásától, valamint a vízszint nem várt emelkedésétől függően – átnedvesedhet. A falszerkezeti elem ajánlott vastagsága legalább 200 mm, az alaplemez ajánlott vastagsága legalább 150 mm, a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés ajánlott EN ISO 17892-11 szerinti Darcy-féle vízáteresztési együtthatója legalább $k = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s, azaz a betont körülvevő közeg vízáteresztő legyen.

A fentieken túlmenően a szerző szerint az esetleges átnedvesedés ellen az építtető saját költségén belső (légtér felöli) víztaszító vakolattal védekezhet, például:

- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $W_{wt} \leq 0{,}5$ kg/(m^2·óra^{½}), akkor *ajánlott* a beton belső (légtér felöli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;
- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $0{,}5 < W_{wt} \leq 2{,}0$ kg/(m^2·óra^{½}), akkor *nyomatékkal ajánlott* a beton belső (légtér felöli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni.

Az XV1(H)/V0, XV1(H), XV2(H) és XV3(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *10. táblázatban* tüntettük fel.

10. táblázat: Határértékek a vízzáró és a vízfelszívás veszélyének kitett betonok összetételére

Követelmények	Magyar környezeti osztályok			
	Igénybevétel vízfelvétel hatására	Igénybevétel víznyomás hatására		
	XV1(H)/V0	XV1(H)	XV2(H)	XV3(H)
Legnagyobb víz-cement tényező [Maximum water/cement ratio]	0,55	0,55	0,50	0,45
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	300	300	300	300
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*			
Egyéb követelmények	A beton EN ISO 15148 szabvány szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója $W_{wt} \leq 2{,}0$ kg/(m^2·óra^{½}) legyen.*	Legalább 3 próbatesten az EN 12390-8 szabvány szerint vizsgált legnagyobb egyedi vízbehatolás mélysége, legfeljebb, mm		
		50	35	20

* Az átnedvesedést gátló belső vakolatra lásd a fenti szövegrészt.

9. KOPTATÓ HATÁSNAK KITETT BETONOK MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYA

Az MSZ 4798 szabvány szerint, ha a betont csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó, ütő igénybevétel vagy vízáramlással mozgatott gördülő hordaléknak a koptató hatása éri, akkor a betont a körülményektől függően az XK1(H), XK2(H), XK3(H) vagy XK4(H) környezeti osztályba kell sorolni, amely osztályokban a 28 napos korú betonnak az MSZ 18290-1 szabvány (MSZ EN 14157 szabvány B módszere) szerinti *Böhme*-féle eljárással meghatározott ΔV térfogatvesztesége 71 ± 1,5 mm élhosszúságú próbakocka esetén nem lépheti túl:

- száraz koptatás esetén rendre a 14000, 12000, 10000, 8000 mm^3 értéket;
- vizes koptatás esetén rendre a 21000, 18000, 16000, 14000 mm^3 értéket.

XK1(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha könnyű szemcsés anyagok, gyalogos forgalom, fúvott kerekes járművek koptató hatása éri. Ilyen például a könnyű adalékanyagok, mezőgazdasági termények stb. tárolására szolgáló silók, bunkerek, tartályok, valamint a járdák, lépcsők, garázspadozatok stb. betonja.

XK2(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha nehéz terhek okozta gördülő igénybevétel, tömör kerekes járművek koptató hatása éri. Ilyen például a betonutak, a villástargoncák pályájának, a görgetett hordalékkal érintkező építmények stb. betonja.

XK3(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha nagyon nehéz terhek okozta csúsztató-gördülő igénybevétel, acél-kerekes targoncák koptató hatása éri. Ilyen például a repülőtéri le- és felszálló pályák és guruló utak, valamint a konténerátrakó állomások és a nehézipari szerelőcsarnokok padlóburkolatának stb. betonja.

XK4(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha rendkívül nehéz terhek okozta csúsztató-gördülő igénybevétel koptató hatása éri, vagy ha nagy felületi pontosságra és pormentességre van szükség. Ilyen például a rendkívül nehéz terheknek, hernyótalpas járművek forgalmának kitett csarnokok, raktárak és térburkolatok, a kopóréteg, illetve kéregerősítés nélküli kemény felületű pormentes ipari padlóburkolatok stb. betonja.

Az XK1(H), XK2(H), XK3(H) és XK4(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *11. táblázatban* tüntettük fel.

11. táblázat: Határértékek a kopásálló betonok összetételére

Követelmények	Magyar környezeti osztályok			
	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)
Legnagyobb víz-cement tényező	0,50	0,45	0,40	0,38
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	310	330	350	370
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*			

ÖSSZEFOGLALÁS

A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek tartóssága érdekében a betont az EN 1992-1-1, EN 206, MSZ 4798 szabványok szerint környezeti osztályokba kell sorolni, és a beton összetételét úgy kell megtervezni, hogy az a környezeti osztályokhoz tartozó követelményeknek megfeleljen.

A környezeti osztály *nem a betonnak, hanem a betont körülvevő környezetnek* az állapotjellemzője. A „környezeti osztály jelével ellátott beton" kifejezés a szóban forgó *környezeti osztályhoz rendelt követelményeket kielégítő betont* jelenti (X jelek, F melléklet).

Az EN 206 európai szabványban található környezeti osztályok: X0, XC1 – XC4, XS1 – XS3, XD1 – SD3, XF1 – XF4, XA1 – XA3.

Ezeket az MSZ 4798 magyar nemzeti szabványban bővítettük és hozzáadtuk a: XN(H), X0b(H), X0v(H), XF2(H), XF3(H), XF4(H), XA4(H), XA5(H), XA6(H), XV1(H)/V0, XV1(H), XV2(H), XV3(H), XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H) *osztályú betonokat – ahol az A(H) jelűek a szigorúbb vegyi hatású környezetet jelentik.*

Az MSZ 4798 szabványban és módosításaiban (például: MSZ 4798:2016/2M:2018) *az új környezeti osztályokba sorolás szempontjait* a beton vagy acélbetét-korróziót okozható környezeti hatások, mint például a *nedvesség és megjelenési formái* (például, víz, jég, gőz), a betonnal érintkező levegő vagy víz vagy más folyadék *kémiai összetétele*, *a víznyomás* és a *koptatás* mértéke stb. képezik.

A magyar környezeti osztályok követelményei ***egyrészt a beton összetételére***, nevezetesen a megengedett legnagyobb víz-cement vagy víz-hatékony kötőanyag tényezőre (v/c, illetve v/k), a megengedett legkisebb – oldódásos betonkorrózió veszélye esetén a legkisebb és legnagyobb – cement- vagy hatékony kötőanyag-tartalomra, a levegőtartalomra, (esetenként a beton összetevőinek tulajdonágaira), ***másrészt a megszilárdult beton tulajdonságaira***, mint a nyomószilárdsági osztályra, a megengedett kloridtartalomra vagy a fagyállóságra, illetve a fagy- és olvasztósó-állóságra, a légbuborékszerkezetre, a vízfelvételre, a vízzáróságra, a kopásállóságra vonatkoznak.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk szerzője hálás köszönetet mond

elsősorban *Csányi Erika* okl. vegyésznek, vegyészeti tanácsadónak, egyetemi tudományos munkatársnak, korábban hosszú esztendőkig az Építőanyagok Tanszék laboratórium vezetőjének, aki – többek közt - a talajok, valamint a talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalma meghatározása módszerének kidolgozásában volt a segítségünkre.

Továbbá *Prof. Dr. Balázs L. György* okl. építőmérnöknek, a *fib* tiszteletbeli elnökének [honorary president of *fib*], a *fib* Magyar Tagozata elnökének, a Concrete Structures folyóirat főszerkesztőjének, korábban majdnem húsz esztendőig az Építőanyagok és Magasépítés Tanszék vezetőjének, aki a szabványosítási bizottság elnökeként hathatósan támogatta a MSZ 4798 magyar nemzeti betonszabvány elkészítését, és

Prof. h.c. Dr. Erdélyi Attila okl. építőmérnöknek, *fib* Magyar Tagozata Palotás László-díjjal kitüntetett tudományos kutatónak, korábban négy évig az Építőanyagok Tanszék vezetőjének, aki a szabványkészítés során a szerzőt fontos tanácsokkal látta el.

Prof. h.c. Dr. Erdélyi Attila 90. életévét, *Prof. Dr. Balázs L. György* 65. életévét 2023 áprilisában töltötte be. Mindkettőjüket Isten éltesse sokáig!

A hivatkozott szabványok jegyzéke itt található:
(http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2023/cs2023_10.pdf,
https://www.betonopus.hu/some/exposure-classes.pdf)

A BETON NYOMÓSZILÁRDSÁG MEGFELELŐSÉGÉNEK FELTÉTELEI AZ ÚJ BETONSZABVÁNYOK SZERINT

Dr. Kausay Tibor

A beton nyomószilárdsága megfelelőségének megítélése szempontjából sarkalatos kérdés a jellemző érték kiszámításának módszere. A gyártás kezdeti és folyamatos szakaszában a betont a gyártó (vagy megbízottja) vizsgálja, és a folyamatosan gyártott beton vizsgálati eredményeiből 70-30 %-os átadási-visszautasítási valószínűségre meghatározott jellemző érték alapján megfelelőségi nyilatkozatot tesz. A megfelelőségi nyilatkozat megbízhatóságát a beton megrendelője (vagy megbízottja) azonosító vizsgálattal ellenőrzi. Szerkezeteink biztonsága szempontjából is méltányolható, ha ebben az eljárásban az átadó és az átvevő kockázata 50-50 %. A dolgozat egyebek mellett ilyen azonosító vizsgálatra tesz javaslatot.

1. BEVEZETÉS

A szilárd betont általában nyomószilárdságával, testsűrűségével, különleges esetben fagyállóságával, korrózió-állóságával, vízzáróságával, kopásállóságával stb. kell jellemezni, és ezek alapján az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány, illetve annak nemzeti alkalmazási dokumentuma, az MSZ 4798-1:2004 szerint kell osztályba sorolni. A szilárd beton osztályba sorolását az MSZ 4798-1:2004 szabvány 4.3. szakasza, vizsgálatát és követelményeit 5.5. szakasza, megfelelőségének feltételeit és ellenőrzését 8. fejezete tárgyalja.

A beton akkor felel meg a nyomószilárdsági követelménynek, ha teljesíti az MSZ 4798-1:2004 szabvány 8.2.1. szakaszában, valamint A és B mellékletében foglalt feltételeket, amelyeket a következőkben értelmezünk.

A szilárd (általában 28 napos korú), azonos feltételekkel gyártott beton nyomószilárdságát — és egyidejűleg a testsűrűségét —

- vagy a <u>több egyedi mintából</u> készített, mintánkénti egyetlen próbatest (például 15 minta = 15 próbatest, vagy 9 minta = 9 próbatest stb.) vizsgálatából kapott <u>egyedi eredmények átlagaként, ami egy vizsgálati eredmény</u> (általában a folyamatos gyártás esete, illetve a beton azonosító vizsgálata);
- vagy <u>több egyedi minta</u> esetén az egy mintából készített két, illetve több ugyanazon korú próbatest (például 1 minta = 3 próbatest) vizsgálatából kapott <u>átlag eredmények</u> (például 35 minta = 35 átlag eredmény) <u>átlagaként, ami egy vizsgálati eredmény</u> (általában a kezdeti gyártás esete)

lehet megadni.

A nyomószilárdság vizsgálati próbatest készítőjének és a beton tervezőjének közös felelőssége, hogy a friss beton próbatest testsűrűsége érje el a tervezett értéket, mert csak ebben az esetben teljesül a *friss beton megengedett levegőtartalmára vonatkozó* követelmény.

A minta vagy a keverőgépben egy keverési ciklus alatt előállított friss betonból, vagy egy szállítmányból (egy járműből vagy szállítótartályból) elkülönített, az átlagos minőséget képviselő, egy vagy több próbatest készítésére és egyéb vizsgálatok végzésére elegendő friss beton mennyiség (MSZ 4798-1:2004 szabvány 3.1.19., 3.1.20. és 3.1.51. szakasza).

Ha *egy mintából két vagy több próbatest készül*, akkor a mintát alkotó *friss beton* próbatestek testsűrűségének terjedelme ne legyen nagyobb átlaguk 4 %-ánál.

A *mintaképzés* (egy mintából[1] két vagy több próbatest készül) további feltétele, hogy ha a *megszilárdult beton* vizsgálati értékeinek terjedelme (T) nyomószilárdság (f_c) esetén az átlag (f_{cm}) 15 %-ánál, testsűrűség (ρ) esetén az átlag (ρ_m) 4 %-ánál nagyobb, akkor az eredményeket el kell vetni, hacsak az egyik egyedi vizsgálati eredmény igazolható módon el nem vethető, írja az MSZ EN 206-1:2000 szabvány 8.2.1.2. szakasza, illetve a nyomószilárdságra a B2. fejezete is. Eszerint tehát, ha egy mintából két vagy több próbatest készül:

$$T_{(fc)} \leq 0{,}15 \cdot f_{cm}$$

$$T_{(\rho)} \leq 0{,}04 \cdot \rho_m$$

kell legyen.

Ha egy mintából készített három próbatest vizsgálata alkalmával csak az egyik egyedi érték esik kívül a megengedett terjedelmen, akkor ezt az értéket ki lehet hagyni, és a másik két érték átlagát szabad vizsgálati eredményként elfogadni. Például legyen három próbatest nyomószilárdság vizsgálati eredménye 29,0; 32,8; 34,2 N/mm^2, amelyek átlaga: 32,0 N/mm^2, terjedelme: 5,2 N/mm^2, az átlag 15 %-a, azaz a megengedett terjedelem: 4,8 N/mm^2, amelyet a tapasztalati érték (5,2 N/mm^2) meghalad. A megengedett terjedelemhez tartozó alsó nyomószilárdsági határérték: 32,0 – 4,8/2 = 29,6 N/mm^2, amelynél kisebb és elhagyható egyedi érték: 29,0 N/mm^2. Ha a megmaradt két adatnak a terjedelme is nagyobb, mint nyomószilárdság esetén az átlag 15 %-a, és/vagy testsűrűség esetén az átlag 4 %-a, akkor az adott minta vizsgálati eredményét (tehát a két, három vagy több egyedi eredményt együttesen) nem szabad az értékelésbe bevonni. Ebben az eljárásban van bizonyos önkényesség, amelyet helyes lenne szabályozással feloldani.

A fenti követelmény az egy mintából készített próbatestek nyomószilárdságának megengedett terjedelmét az átlag függvényében adja meg, a terjedelem pedig nem független a szórástól, tehát az európai szabványnak ez a feltétele arra épül, hogy a nyomószilárdság szórása (és általa a terjedelme) az átlag függvénye.

Az együtt értékelt minták (tehát nem egy mintán belül a próbatestek) nyomószilárdsága variációs tényezőjének (szórás/átlag) feltételezett értéke az MSZ 15022-1:1986 szabvány, illetve előzménye, továbbá az MSZ 4720/2:1980 szabvány szerint 0,15 volt (*Szalai*, 1982, 4.3. szakasz). A variációs tényező = 0,15 értékű feltételezése csak kb. C 16 szilárdsági jelig volt reális (MÉÁSZ ME-04.19:1995 6.3.4.4.3.b. szakasz).

A több próbatestből álló minta terjedelemére vonatkozó követelményt érdemes összevetni a nyomószilárdság vizsgálatra (MSZ EN 12390-3:2002) vonatkozó ismétlési feltételekkel (lásd: Ismétlési és összehasonlítási feltételek, mérési eredmények pontossága), amelyről az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány ugyan nem beszél, de a nemzeti alkalmazási dokumentum az európai vizsgálati szabványokból a mérési eredmények pontosságának jellemzésére a nemzeti betonszabványba (MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezet) tájékoztatásként beemelte.

A mérési pontosság (németül: Zuverlässigkeit, angolul: Precision) meghatározása azon az elven alapszik, amely szerint a T tapasztalati terjedelem és az s szórás hányadosaként képzett $\omega = T/s$ *standardizált terjedelem* várható értéke és szórása csupán a mérések n számától, és a statisztikai biztonságtól (P_T) függő érték. Ha a mérések száma $n = 3$, ahogy az MSZ 4798-1:2004 ajánlja, és a statisztikai biztonság $P_T = 0{,}95$, akkor a terjedelem és a szórás

---

[1] A minta vagy a keverőgépben egy keverési ciklus alatt előállított friss betonból vagy egy szállítmányból (egy járműből vagy szállítótartályból) elkülönített, az átlagos minőséget képviselő, egy vagy több próbatest készítésére és egyéb vizsgálatok végzésére elegendő friss beton mennyiség (MSZ 4798-1:2004 szabvány 3.1.19., 3.1.20. és 3.1.51. szakasza).

összefüggése: $T = \omega \cdot s = 3{,}31 \cdot s$. Azonban az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD N8. táblázata a nyomószilárdság szórásának várható értékét három mérés esetére nem adja meg. Ha a $T = T_{(fc)} = 3{,}31 \cdot s$ formulát és a $T_{(fc)} \leq 0{,}15 \cdot f_{cm}$ követelményt összevetjük, akkor három nyomószilárdság mérésre az $s \leq 0{,}045 \cdot f_{cm}$ összefüggés adódik.

A beton nyomószilárdság vizsgálata és az eredmények értékelése során az egyedi betonösszetételek mintavételi és vizsgálati tervében, valamint a megfelelőségi feltételekben meg kell különböztetni a kezdeti gyártást és vizsgálatot, a folyamatos gyártást és vizsgálatot, valamint az azonosító vizsgálatot.

2. A KEZDETI GYÁRTÁS ÉS VIZSGÁLAT

A kezdeti gyártás a legalább 35 egymás utáni, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó, kihagyás nélküli vizsgálati eredmény meghatározásáig tartó, három hónapnál hosszabb, de legfeljebb12 hónapos termelési időszak.

A vizsgálati eredmény kielégítő megbízhatósága érdekében főképp a kezdeti gyártás során az MSZ 4798-1:2004 szerint célszerű egy mintából legalább három próbatestet készíteni, amelyek azonos korú nyomószilárdságainak átlagértéke, illetve adott korú, (60 ± 5) °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított állapotban mért testsűrűségének átlagértéke egy vizsgálati eredmény.

A kezdeti gyártás során a gyártás első 50 m^3-e alatt egyenletes ütemben 3 mintát kell venni (például 17-17-16 m^3-enként egy-egy mintát), majd az első 50 m^3 gyártását követően a mintavételt az *1. táblázat* szerinti gyakorisággal — de nem gyakrabban, mint 1 minta/25 m^3 — kell folytatni mindaddig, amíg a minták összes száma legalább 35 nem lesz. A kezdeti gyártás során egy minta vizsgálati eredményét az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint legalább három próbatest egyedi vizsgálati eredményének átlaga adja.

A *mintaképzés feltétele*, hogy a mintát alkotó próbatestek testsűrűségének terjedelme nem lehet nagyobb az átlaguk 4 %-ánál, mind friss, mind megszilárdult állapotban. E feltétel teljesülésének ellenőrzése könnyen elvégezhető, mert a kezdeti vizsgálatot — beleértve a próbatest készítést is — a gyártó vagy megbízottja végzi, tehát szilárdság vizsgálatkor a friss betonra vonatkozó vizsgálati eredmények is rendelkezésre állnak. A mintaképzés további feltétele, hogy a mintát alkotó próbatestek nyomószilárdságának terjedelme nem lehet nagyobb átlaguk 15 %-ánál.

1. táblázat: A mintavétel legkisebb gyakorisága a megfelelőség értékeléséhez nyomószilárdság és testsűrűség esetére, kezdeti gyártás során az MSZ EN 4798-1:2004 szabvány 13. és NAD 8.2. táblázata alapján

Gyártás	A mintavétel legkisebb gyakorisága		
	A gyártás első 50 m^3-ére	Az első 50 m^3 gyártását követően [a]	
		beton, gyártásellenőrzési tanúsítással	beton, gyártásellenőrzési tanúsítás nélkül
Ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≤ C50/60 (közönséges beton) [b] [c]			
Kezdeti gyártás, amíg nincs legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredmény	3 minta = legalább 3·3 = legalább 9 próbatest	1 minta/200 m^3 vagy 2 minta/termelési hét	1 minta/150 m^3 vagy 1 minta/termelési nap
Ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≥ C55/67 (nagyszilárdságú beton) [b] [c]			
Kezdeti gyártás, amíg nincs legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredmény	3 minta = legalább 3·3 = legalább 9 próbatest	1 minta/100 m^3 vagy 4 minta/ termelési hét	1 minta/75 m^3 vagy 1 minta /termelési nap

[a] A mintákat a termelés során folyamatosan kell venni, és nem gyakrabban, mint 1 minta minden 25 m^3-ből.

[b] Az MSZ 4798-1:2004 szabvány a kezdeti vizsgálathoz — a vizsgálati eredmény kielégítő megbízhatósága érdekében — mintánként legalább 3 darab, azaz összesen 3·3=9 darab próbatest készítését ajánlja.

[c] A mintát alkotó próbatestek (legalább 3 darab) egyedi nyomószilárdság vizsgálati eredményének átlaga egy vizsgálati eredmény (a minta nyomószilárdság vizsgálati eredménye), amelyre a megfelelőségi feltételnek teljesülnie kell.

A kezdeti gyártás eredménye a három hónapnál hosszabb, de legfeljebb 12 hónapot kitevő időszak alatt végzett, legalább 35 egymás után következő mintavétel (legalább 35·3 = 105 próbatest, ahogy az MSZ 4798-1:2004 szabvány ajánlja) elérése után értékelhető. Meg kell adni a — mintánkénti legalább 3-3 próbatest vizsgálati eredményéből átlag számítással képzett — legalább 35 vizsgálati eredményt és a legalább 35 vizsgálati eredmény átlagát, valamint a következő képlettel ki kell számítani a legalább 35 vizsgálati eredmény szórását (σ), amely az elméleti szórás jó közelítését adja:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(f_{ci} - f_{cm,test}\right)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} f_{ci}^{\,2} - n.f_{cm,test}^{\,2}}{n-1}} \qquad \text{ahol } n \geq 35.$$

Tehát nem a 105 mérési eredmény átlagát és szórását, hanem a legalább 35 vizsgálati eredmény átlagát és szórását számítjuk ki!

A továbbiakban figyelembe kell venni, hogy a σ szórás számításba vehető legkisebb értéke (σ_{min}):

- közönséges beton esetén (ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≤ C50/60): 3 N/mm^2,
- nagyszilárdságú beton esetén (ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≥ C55/67): 5 N/mm^2.

A beton a tervezett nyomószilárdsági osztálynak a kezdeti gyártás során megfelel, ha a következő megfelelőségi feltételek egyidejűleg teljesülnek:

1. feltétel az MSZ 4798-1:2004 szabvány 14. táblázata szerint:
≤ C50/60 osztályú (közönséges) beton esetén: $f_{cm,test} \geq f_{cm} = f_{ck} + 4$
≥ C55/67 osztályú (nagyszilárdságú) beton esetén: $f_{cm,test} \geq f_{cm} = f_{ck} + 5$

MEGJEGYZÉS az MSZ 4798-1:2004 szabvány A melléklete szerint: A kezdeti vizsgálatok az előírt iparági betonra (MSZ 4798-1:2004 szabvány 3.1.75. szakasza) akkor fogadhatók el, ha $f_{cm,test} \geq f_{ck} + 12$

2. feltétel az MSZ 4798-1:2004 szabvány 14. táblázata szerint:
≤ C50/60 osztályú (közönséges) beton esetén: $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
≥ C55/67 osztályú (nagyszilárdságú) beton esetén: $f_{ci} \geq f_{ck} - 5$

Az MSZ EN 1992-1-1:2005 és az MSZ EN 206-1:2002 szabványok a beton nyomószilárdságának megfelelőségét a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas, végig víz alatt tárolt próbahengerek nyomószilárdsága alapján ítélik meg, következésképpen a megfelelőségi feltételek is ezekre a szabványos próbahengerekre vonatkoznak. Ezért a 150 mm élhosszúságú, vegyesen (vagy végig víz alatt) tárolt próbakockákon mért nyomószilárdsági eredmények értékelése során akkor járunk el helyesen, ha az egyes mérési eredményeket a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas, végig víz alatt tárolt próbahenger nyomószilárdságára átszámítjuk, és ezeket az átszámított nyomószilárdságokat értékeljük a megfelelőségi feltételek figyelembevételével.

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.1.2. szakasza és N2. fejezete értelmében a 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakocka és a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas, végig víz alatt tárolt próbahenger nyomószilárdságának hányadosa C50/60 nyomószilárdsági osztályig bezárólag $f_{c,cube,H}/f_{c,cyl}$ = 0,97/(0,76·0,92) ~ 1,387. (A C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok között e hányados értéke: $f_{c,cube,H}/f_{c,cyl}$ = 1,198/095 ~ 1,261.) Értelemszerűen alkalmazva az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD 3.2. megjegyzése szerinti átszámítást, a 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockán mért nyomószilárdságot ezzel a tényezővel elosztva jutunk a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas, végig víz alatt tárolt próbahenger nyomószilárdságára, mint a bemutatott számpéldákban látható.

A kezdeti gyártás megfelelőség igazolásának további feltétele, hogy a szilárdságvizsgálatra készített, bedolgozott *friss beton* próbatestek *egyedi testsűrűségéből számított mintaátlagoknak* legfeljebb 2 %-kal szabad kisebbnek lennie, mint a tervezett friss beton testsűrűség, mert csak ebben az esetben teljesül a friss beton megengedett levegőtartalmára és megkövetelt cementtartalmára vonatkozó követelmény. E feltételnek meg nem felelő friss beton minták a szilárdságvizsgálati minták közé nem kerülhetnek be.

A kezdeti gyártás megfelelőség igazolásának az is feltétele, hogy a *megszilárdult* nyomószilárdság vizsgálati minták testsűrűségének (legalább 3 db próbatest testsűrűségének átlaga) terjedelme ne legyen nagyobb átlaguk 4 %-ánál.

Ha a kezdeti gyártásra vonatkozó feltételek teljesülnek, akkor át lehet térni a folyamatos gyártásra, ha nem teljesülnek, akkor a kezdeti gyártás a fenti feltételek teljesüléséig folytatandó.

A kezdeti gyártás nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek értékelésére a *2. táblázat* tartalmaz számpéldát.

2. táblázat: Számpélda a kezdeti gyártás nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek szabványos értékelésére, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	Minta átlaga $f_{cm,cyl,minta}$	Minta terjedelme és rel. terj. %	2. feltétel $f_{cm,cyl,minta} \geq \geq f_{ck,cyl} - 4$
1.	48,7 51,5 46,5	35,1 37,2 33,5	35,3	3,7 10,5 % ≤ ≤ 15 %	35,3 > 21
2.	48,0 50,5 50,3	34,6 36,4 36,3	35,8	1,8 5,0 % ≤ ≤ 15 %	35,8 > 21
3.	45,4 51,0 44,1	32,7 36,8 31,8	33,8	5,0 14,8 % ≤ ≤ 15 %	33,8 > 21
4.	50,6 48,3 43,7	36,5 34,8 31,5	34,3	5,0 14,6 % ≤ ≤ 15 %	34,3 > 21
5.	49,3 45,7 42,5	35,5 32,9 30,6	33,0	4,9 14,8 % ≤ ≤ 15 %	33,0 > 21
6.	41,8 44,3 46,1	30,1 31,9 33,2	31,8	3,1 9,7 % ≤ ≤ 15 %	31,8 > 21
7.	49,4 50,8 43,8	35,6 36,6 31,6	34,6	5,0 14,5 % ≤ ≤ 15 %	34,6 > 21
8.	41,6 44,3 47,6	30,0 31,9 34,3	32,1	4,3 13,4 % ≤ ≤ 15 %	32,1 > 21
9.	47,9 52,7 49,4	34,6 38,0 35,6	36,1	3,4 9,4 % ≤ ≤ 15 %	36,1 > 21
10.	46,5 53,8 50,2	33,5 38,8 36,2	36,2	5,3 14,6 % ≤ ≤ 15 %	36,2 > 21
11.	44,1 49,3 51,1	31,8 35,5 36,8	34,7	5,0 14,4 % ≤ ≤ 15 %	34,7 > 21
12.	45,4 41,0 47,6	32,7 29,6 34,3	32,2	4,7 14,6 % ≤ ≤ 15 %	32,2 > 21

A 2. táblázat folytatódik

A 2. táblázat folytatása

Minta jele	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	Minta átlaga $f_{cm,cyl,minta}$	Minta terjedelme és rel. terj. %	2. feltétel $f_{cm,cyl,minta} \geq \geq f_{ck,cyl} - 4$
13.	44,2 43,2 49,0	31,9 31,2 35,4	32,8	4,2 12,8 % ≤ ≤ 15 %	32,8 > 21
14.	43,5 44,8 49,5	31,4 32,3 35,7	33,1	4,3 13,0 % ≤ ≤ 15 %	33,1 > 21
15.	43,1 44,1 45,4	31,1 31,8 32,7	31,9	1,6 5,0 % ≤ ≤ 15 %	31,9 > 21
16.	50,4 45,0 49,5	36,4 32,5 35,7	34,8	3,9 11,2 % ≤ ≤ 15 %	34,8 > 21
17.	44,6 40,8 47,1	32,2 29,4 34,0	31,8	4,6 14,5 % ≤ ≤ 15 %	31,8 > 21
18.	44,4 41,6 46,9	32,0 30,0 33,8	31,9	3,8 11,9 % ≤ ≤ 15 %	31,9 > 21
19.	46,9 51,1 44,1	33,8 36,8 31,8	34,2	5,0 14,6 % ≤ ≤ 15 %	34,2 > 21
20.	45,6 52,5 52,9	32,9 37,9 38,1	36,3	5,2 14,3 % ≤ ≤ 15 %	36,3 > 21
21.	53,3 46,2 48,8	38,4 33,3 35,2	35,6	5,1 14,3 % ≤ ≤ 15 %	35,6 > 21
22.	45,7 42,9 43,9	32,9 30,9 31,7	31,9	2,0 6,3 % ≤ ≤ 15 %	31,9 > 21
23.	51,4 52,5 45,3	37,1 37,9 32,7	35,9	5,2 14,5 % ≤ ≤ 15 %	35,9 > 21
24.	41,7 44,9 48,0	30,1 32,4 34,6	32,4	4,5 13,9 % ≤ ≤ 15 %	32,4 > 21

A 2. táblázat folytatódik

A 2. táblázat folytatása

Minta jele	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	Minta átlaga $f_{cm,cyl,minta}$	Minta terjedelme és rel. terj. %	2. feltétel $f_{cm,cyl,minta} \geq \geq f_{ck,cyl} - 4$
25.	49,9 51,0 47,5	36,0 36,8 34,3	35,7	2,5 7,0 % ≤ ≤ 15 %	35,7 > 21
26.	48,3 42,1 42,6	34,8 30,4 30,7	32,0	4,4 13,8 % ≤ ≤ 15 %	32,0 > 21
27.	45,4 51,3 46,7	32,7 37,0 33,7	34,5	4,3 12,5 % ≤ ≤ 15 %	34,5 > 21
28.	48,2 48,7 42,3	34,7 35,1 30,5	33,4	4,6 13,8 % ≤ ≤ 15 %	33,4 > 21
29.	52,9 54,0 48,8	38,1 38,9 35,2	37,4	3,7 9,9 % ≤ ≤ 15 %	37,4 > 21
30.	43,6 44,5 50,3	31,5 32,1 36,3	33,3	4,8 14,4 % ≤ ≤ 15 %	33,3 > 21
31.	48,9 43,3 42,8	35,2 31,2 30,9	32,5	4,3 13,2 % ≤ ≤ 15 %	32,5 > 21
32.	44,0 41,9 47,2	31,7 30,2 34,0	32,0	3,8 11,9 % ≤ ≤ 15 %	32,0 > 21
33.	39,8 42,7 41,8	28,7 30,8 30,1	29,9	2,1 7,0 % ≤ ≤ 15 %	29,9 > 21
34.	48,5 42,4 46,2	35,0 30,6 33,3	32,9	4,4 13,4 % ≤ ≤ 15 %	32,9 > 21
35.	47,6 41,0 44,8	34,3 29,6 32,3	32,1	4,7 14,6 % ≤ ≤ 15 %	32,1 > 21
Átlag:		$f_{cm,cyl,test}$ =	**33,7**	1. feltétel $f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 4 \geq f_{ck,cyl}$ 33,7 - 4 = 29,7 > 25	
Szórás:		σ_{35} =	1,77		
		σ_{min} =	**3,0**		
Nyomószilárdsági osztály: **C25/30**				Mértékegység: N/mm^2	

Az MSZ EN 206-1:2002 és az MSZ 4798-1:2004 szabvány által el nem döntött kérdés, hogy a kezdeti gyártás feltételei csak a folyamatos gyártás illetve vizsgálat során (amikor már van legalább 35 vizsgálati eredmény) számításba vehető szórás meghatározására vonatkoznak, vagy a kezdeti gyártás folyamán (amikor még nincs legalább 35 vizsgálati eredmény) készített betonok megfelelőségét is a kezdeti gyártás feltételei mellett kell megítélni. Ha ez utóbbit tesszük, akkor a kezdeti gyártás alatt kiadott beton megfelelőségének elfogadása tekintetében elnézőbbek vagyunk, mint a folyamatosan gyártott beton tekintetében, mert az átlagos szilárdság és a jellemző érték különbségeként *mindig* 4 N/mm^2 értékkel számolunk (ez *legfeljebb* 4/1,48 = 2,7 N/mm^2 szórásnak felel meg), míg ez a különbség a folyamatos gyártás során *legalább* 1,48·3 = 4,44 N/mm^2. A nagyobb szórással teljesítő gyártót ez arra ösztönzi, hogy minél tovább a kezdeti gyártás fázisában maradjon.

Idézzük az MSZ 4798-1:2004 szabvány 8.2.1.3. szakaszát a folyamatos gyártással kapcsolatban: „Ha a gyártó nem tudja a kezdeti gyártásra vonatkozó szórásának értékét bizonyítani, akkor $\sigma \geq 6$ N/mm^2 értékkel kell számolni.” (Szemben a fenti 2,7 N/mm^2 értékkel.) Márpedig a kezdeti gyártásra vonatkozó szórás értéke csak a kezdeti gyártás befejeztével (amikor már van legalább 35 vizsgálati eredmény) bizonyítható, előbb (amikor még nincs legalább 35 vizsgálati eredmény) nem. Fentiek alapján ebben az esetben az átlagos szilárdság és a jellemző érték különbségeként próbahengerek esetén legalább 1,48·6 = 9 N/mm^2 érték alkalmazása javasolható. Így a kezdeti gyártás időszakában végzett értékelések során a fenti 1. feltételt próbahengerekre vonatkozólag a ≤ C50/60 osztályú beton esetén $f_{cm,cyl,test} \geq f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 9$, a ≥ C55/67 osztályú beton esetén $f_{cm,cyl,test} \geq f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 11$ alakban javasoljuk használni, a 2. feltétel pedig általában nem mértékadó.

A kezdeti gyártás időszakában (amikor még nincs legalább 35 vizsgálati eredmény) előállított betonok megfelelőségének igazolására javasolt $f_{cm,cyl,test} \geq f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 9$ feltétel (1. feltétel a ≤ C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonokra) alkalmazása mellett, a *3. táblázatban* mutatunk be számpéldát.

3. táblázat: Számpélda a kezdeti gyártás időszakában (amikor még nincs legalább 35 vizsgálati eredmény) készített betonok nyomószilárdsági vizsgálati eredményeinek értékelésére, a javasolt $f_{cm,cyl,test} \geq f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 9$ feltétel mellett, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	Minta átlaga $f_{cm,cyl,minta}$	Minta terjedelme és rel. terj. %	2. feltétel $f_{cm,cyl,minta} \geq f_{ck,cyl} - 4$
1.	48,7 51,5 46,5	35,1 37,2 33,5	35,3	3,7 10,5 % ≤ ≤ 15 %	35,3 > 21
2.	48,0 50,5 50,3	34,6 36,4 36,3	35,8	1,8 5,0 % ≤ ≤ 15 %	35,8 > 21
3.	45,4 51,0 44,1	32,7 36,8 31,8	33,8	5,0 14,8 % ≤ ≤ 15 %	33,8 > 21
Átlag:		$f_{cm,cyl,test}$ =	**35,0**	1. feltétel $f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 9 \geq f_{ck,cyl}$ 35 - 9 = 26 > 25	
Nyomószilárdsági osztály: **C25/30**				Mértékegység: N/mm^2	

Más lehetőség is kínálkozik a kezdeti gyártás időszakában a betonok megfelelőségének szabványos igazolására akkor, amikor még nincs legalább 35 vizsgálati eredmény. Ki kell számítani a minták (vizsgálati eredmények) nyomószilárdsági értékének átlagát ($f_{cm,cyl,test}$) és szórását (s), ezt a tapasztalati szórást össze kell hasonlítani az s_{min} = 3 N/mm^2 megengedett legkisebb számításba vehető értékkel. Az így kapott mértékadó szórást ($s_{mértékadó}$) megszorozva a *Taerwe*-féle λ_n alulmaradási tényezővel (*Taerwe*, 1986), ki kell számítani a beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értékét:

$$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - \lambda_n \cdot s_{mértékadó}$$

A beton nyomószilárdsági osztályát az $f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl}$ feltételből lehet meghatározni.

A *Taerwe*-féle λ_n alulmaradási tényező a minták számának (n) függvénye, értéke a *4. táblázatban* található.

4. táblázat: A *Taerwe*-féle λ_n alulmaradási tényező értéke a mintaszám függvényében (*Taerwe*, 1986)

Mintaszám *n*	*Taerwe*-féle alulmaradási tényező λ_n
3	2,67
4	2,20
5	1,99
6	1,87
7	1,77
8	1,72
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
15	***1,48***

Az *5. táblázatban* számpéldát mutatunk be a *Taerwe*-féle λ_n alulmaradási tényező alkalmazására a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelésének arra az esetére, amikor a kezdeti gyártás időszakában még nincs legalább 35 vizsgálati eredmény.

5. táblázat: Számpélda a kezdeti gyártás időszakában (amikor még nincs legalább 35 vizsgálati eredmény) készített betonok nyomószilárdsági vizsgálati eredményeinek értékelésére a *Taerwe*-féle λ_n alulmaradási tényező alkalmazásával, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	Minta átlaga $f_{cm,cyl,minta}$	Minta terjedelme és rel. terj. %	2. feltétel $f_{cm,cyl,minta} \geq f_{ck,cyl} - 4$
1.	48,7 51,5 46,5	35,1 37,2 33,5	35,3	3,7 10,5 % ≤ ≤ 15 %	35,3 > 21
2.	48,0 50,5 50,3	34,6 36,4 36,3	35,8	1,8 5,0 % ≤ ≤ 15 %	35,8 > 21
3.	45,4 51,0 44,1	32,7 36,8 31,8	33,8	5,0 14,8 % ≤ ≤ 15 %	33,8 > 21
4.	50,6 48,3 43,7	36,5 34,8 31,5	34,3	5,0 14,6 % ≤ ≤ 15 %	34,3 > 21
5.	49,3 45,7 42,5	35,5 32,9 30,6	33,0	4,9 14,8 % ≤ ≤ 15 %	33 > 21
6.	41,8 44,3 46,1	30,1 31,9 33,2	31,8	3,1 9,7 % ≤ ≤ 15 %	31,8 > 21

Átlag: $f_{cm,cyl,test} =$ **34,0**

Szórás: $s =$ 1,46

$s_{min} = s_{mértékadó} =$ **3,0**

Elfogadási tényező: $\lambda_{n=6} =$ 1,87

1. feltétel

$$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - \lambda_n \cdot s_{mértékadó} \geq f_{ck,cyl}$$

$$28,4 = 34,0 - 1,87 \cdot 3,0 \geq 25$$

Nyomószilárdsági osztály: **C25/30** | Mértékegység: N/mm^2

Az $f_{ci,cube,test,H}$ jel alsó indexében a *H* betű arra utal, hogy a jelet a vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának jelölésére az MSZ 4798-1:2004 szabvány vezette be, mert a próbatestek vegyes tárolását az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány nem ismeri.

3. A FOLYAMATOS GYÁRTÁS ÉS VIZSGÁLAT

A folyamatos gyártás akkor kezdődik, amikor már legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó vizsgálati eredményünk van, három hónapnál hosszabb, de legfeljebb12 hónap idő alatt, amelyet az új betonszabványok kezdeti gyártásnak neveznek. A kezdeti gyártásból kell meghatározni a szórást (σ), amely az elméleti

szórás jó közelítését adja, és amely bizonyos feltételek mellett a folyamatos gyártás vizsgálati eredményeinek értékelésénél figyelembe veendő.

A gyártó a folyamatos gyártás közben is alkalmazhatja a kezdeti gyártásra vonatkozó mintavételi és vizsgálati tervet, illetve a feltételeket.

A folyamatos gyártás eredménye legalább 15 egymás után következő, legfeljebb 12 hónap alatt végzett mintavétel, illetve vizsgálat után értékelhető. A mintákat a termelés során folyamatosan kell venni a *6. táblázat* szerinti, de nem gyakrabban, mint 1 minta minden 25 m^3-ből. Folyamatos gyártás során egy minta egy próbatestből áll(hat).

A folyamatos gyártás kezdetén, amíg még 15 minta nem áll rendelkezésre, a minták számát a kezdeti gyártás végén vett mintákkal kell kiegészíteni.

6. táblázat: A mintavétel legkisebb gyakorisága a megfelelőség értékeléséhez nyomószilárdság és testsűrűség esetére, folyamatos gyártás során az MSZ EN 4798-1:2004 szabvány 13. és NAD 8.2. táblázata alapján

Gyártás	A mintavételek száma	A mintavétel legkisebb gyakorisága [a]	
		beton, gyártásellenőrzési tanúsítással	beton, gyártásellenőrzési tanúsítás nélkül
Ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≤ 50/60 (közönséges beton)			
Folyamatos gyártás [b], amikor már legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredmény van	Legalább 15 minta = legalább 15 próbatest	1 minta/400 m^3 vagy 1 minta/termelési hét	1 minta/150 m^3 vagy 1 minta/termelési nap
Ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≥ 55/67 (nagyszilárdságú beton)			
Folyamatos gyártás [b], amikor már legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredmény van	Legalább 15 minta = legalább 15 próbatest	1 minta/200 m^3 vagy 2 minta/ termelési hét	1 minta/75 m^3 vagy 1 minta /termelési nap

[a] A mintákat a termelés során folyamatosan kell venni, és nem gyakrabban, mint 1 minta minden 25 m^3-ből.

[b] Amikor az utolsó legalább $n = 15$ vizsgálati eredményből számított szórás (s_n) a kezdeti gyártás 35 vizsgálati eredményéből számított szórás (σ) 1,37-szorosánál nagyobb ($s_n > 1{,}37 \cdot \sigma$), akkor a mintavételek és vizsgálatok számát újból meg kell növelni legalább 35-re, ahogyan az a kezdeti gyártásnál van előírva.

A folyamatos gyártás eredményének értékeléséhez meg kell adni a legalább 15 vizsgálati eredményt, a legalább 15 vizsgálati eredmény átlagát, valamint a következő képlettel ki kell számítani a legalább 15 vizsgálati eredmény tapasztalati szórását:

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(f_{ci} - f_{cm,test}\right)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} f_{ci}^{\,2} - n.f_{cm,test}^{\,2}}{n-1}} \qquad \text{ahol } n \geq 15.$$

A beton a tervezett nyomószilárdsági osztálynak a folyamatos gyártás során megfelel, ha a következő megfelelőségi feltételek egyidejűleg teljesülnek:

1. feltétel az MSZ 4798-1:2004 szabvány 14. táblázata szerint:
valamennyi nyomószilárdsági osztály esetén: $f_{cm,test} \geq f_{cm} = f_{ck} + 1{,}48 \cdot \sigma$
ahol σ a kezdeti gyártásból legalább 35 minta vizsgálata alapján meghatározott szórás, amely az elméleti szórás jó közelítése. Az 1,48 értékű szorzó az alulmaradási tényező (*4. táblázat*).

A figyelembe veendő σ szórás legkisebb értéke végig víz alatt tárolt próbahengerek esetén:
- közönséges beton esetén (ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≤ C50/60): 3 N/mm^2,
- nagyszilárdságú beton esetén (ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≥ C55/67): 5 N/mm^2,
- továbbá valamennyi beton esetére: $0{,}63 \cdot \sigma \leq s_n \leq 1{,}37 \cdot \sigma$

azaz a folyamatos gyártásból legalább 15 minta vizsgálata alapján meghatározott s_n tapasztalati szórás a kezdeti gyártásból legalább 35 minta vizsgálata alapján meghatározott σ elméleti szórás 0,63-szorosánál kisebb és 1,37-szorosánál nagyobb nem lehet.

Ha a szórásra vonatkozó fenti feltétel teljesül, akkor a kezdeti gyártás időszakából meghatározott σ szórás alkalmazható a folyamatos gyártás időszakában a megfelelőség ellenőrzésére. Ha nem teljesül, akkor a rendelkezésre álló utolsó legalább 35 minta (folyamatos gyártásról lévén szó, legalább 35 próbatest) vizsgálata alapján új σ szórás értéket kell meghatározni.

Ha a gyártó nem tudja a kezdeti gyártásra vonatkozó szórásának értékét bizonyítani, akkor $\sigma \geq 6$ N/mm^2 értékkel kell számolni (MSZ 4798-1:2004 szabvány 8.2.1.3. szakasz).

2. feltétel az MSZ 4798-1:2004 szabvány 14. táblázata szerint:
≤ C50/60 osztályú (közönséges) beton esetén: $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
≥ C55/67 osztályú (nagyszilárdságú) beton esetén: $f_{ci} \geq 0{,}9 \cdot f_{ck}$

A folyamatos gyártás megfelelőség igazolásának további feltétele, hogy a *bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűségének* legfeljebb 2 %-kal szabad kisebbnek lennie, mint a tervezett friss beton testsűrűség, mert csak ebben az esetben teljesül a friss beton megengedett levegőtartalmára és megkövetelt cementtartalmára vonatkozó követelmény. E feltételnek meg nem felelő friss beton próbatestek a vizsgálati próbatestek közé nem szabad, hogy bekerüljenek.

A folyamatos gyártás megfelelőség igazolásának az is feltétele, hogy a *megszilárdult nyomószilárdság vizsgálati próbatestek testsűrűségének terjedelme* ne legyen nagyobb átlaguk 4 %-ánál.

A folyamatos gyártás nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek értékelésére a *7. táblázat* tartalmaz számpéldát.

7. táblázat: Számpélda a folyamatos gyártás nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek szabványos értékelésére, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele (1 minta = 1 próbatest)	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	2. feltétel $f_{ci,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} - 4$
1.	47,1	34,0	34,0 > 21,0
2.	45,4	32,7	32,7 > 21,0
3.	44,3	31,9	31,9 > 21,0
4.	47,9	34,5	34,5 > 21,0
5.	49,3	35,5	35,5 > 21,0
6.	44,8	32,3	32,3 > 21,0
7.	45,0	32,4	32,4 > 21,0
8.	46,9	33,8	33,8 > 21,0
9.	48,8	35,2	35,2 > 21,0
10.	44,9	32,4	32,4 > 21,0
11.	46,7	33,7	33,7 > 21,0
12.	44,5	32,1	32,1 > 21,0
13.	44,0	31,7	31,7 > 21,0
14.	46,2	33,3	33,3 > 21,0
15.	44,8	32,3	32,3 > 21,0
	$f_{cm,cyl,test}$ =	**33,2**	átlag
	s_{15} =	1,21	szórás
	s_{min} =	3,0	szórás legalább
	σ_{35} =	1,77 → **3,0**	= σ_{min} kezdeti gyártásból
$0{,}63 \cdot \sigma_{min} = 1{,}89 < s_{min} = 3{,}0 < 4{,}11 = 1{,}37 \cdot \sigma_{min}$			
$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 1{,}48 \cdot \sigma_{min} = 33{,}2 - 4{,}4 =$ **28,8**			
1. feltétel			
$f_{ck,cyl,test}$ =	28,8 > 25 = $f_{ck,cyl}$		
$f_{cm,cyl,test}$ =	33,2 > 29,4 = $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 1{,}48 \cdot \sigma_{min}$		
Nyomószilárdsági osztály: **C25/30**		Mértékegység: N/mm^2	

4. A NYOMÓSZILÁRDSÁG AZONOSÍTÓ VIZSGÁLATA

A beton nyomószilárdság azonosító vizsgálatát — az MSZ 4798-1:2004 szabvány B melléklete szerint — akkor kell végezni, ha meg akarunk győződni arról, hogy

- a kérdéses friss beton ugyanahhoz az alapsokasághoz tartozik-e, amelyre a gyártó a jellemző szilárdság megfelelőségét igazolta;
- a kérdéses friss beton a gyártó által szavatolt szilárdsági jelnek és esetleg egyéb szavatolt tulajdonságnak megfelel-e, ha a megfelelőség igazolása érdekében a gyártó nem végzett vizsgálatokat;
- a szerkezetbe már bedolgozott szilárd beton a gyártó által szavatolt szilárdsági jelnek megfelel-e.

Értelmezésünk szerint *azonosító vizsgálatot* végez a független laboratórium, ha nem a kezdeti vagy a folyamatos gyártás megfelelőségének vizsgálatával bízták meg (azt a gyártó vagy más

laboratórium végezte), hanem — akár a gyártó, akár a megrendelő (építtető, felhasználó, előíró) megbízásából — csak annak megállapítása a feladata, hogy a szóban forgó beton a gyártó által megadott nyomószilárdsági osztálynak és szórásnak megfelel-e. Ugyanilyen azonosító vizsgálatot végezhet a megrendelő, illetve a kivitelező is saját laboratóriumában. Az azonosító vizsgálat feltételeiben célszerű a gyártóval megegyezni, és a vizsgálatot a gyártó bevonásával végezni. Kezdeti és folyamatos vizsgálatot csak a gyártó vagy megbízottja végezhet, amelynek eredménye alapján a gyártó — ha szükséges, tanúsító szervezet bevonásával — megfelelőségi nyilatkozatot tesz. A megfelelőségi nyilatkozat megbízhatóságát a beton megrendelője (vevő = kivitelező, előregyártó) vagy megbízottja azonosító vizsgálattal ellenőrzi.

A vizsgálathoz kivett minták „*n*” számát és a mintavétel helyét az érdekelt felek (előíró, gyártó, felhasználó) írásban (jegyzőkönyvben) rögzített megegyezése alapján kell meghatározni.

Az azonosító vizsgálat általában a nyomószilárdság és azzal együtt testsűrűség vizsgálatára terjed ki, a kezdeti és folyamatos vizsgálat testsűrűségre vonatkozó feltételeit az azonossági vizsgálat esetén is alkalmazni kell.

Az azonosító vizsgálat megfelelőségének egyik feltétele, hogy a *bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűségének* legfeljebb 2 %-kal szabad kisebbnek lennie, mint a tervezett friss beton testsűrűség, mert csak ebben az esetben teljesül a friss beton megengedett levegőtartalmára és megkövetelt cementtartalmára vonatkozó követelmény. E feltételnek meg nem felelő friss beton próbatestek a vizsgálati próbatestek közé nem szabad, hogy bekerüljenek. Ha adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel e feltétel nem teljesíthető, akkor – feltételezve a friss próbatestek és a szerkezetbe bedolgozott friss beton közelítőleg azonos tömörségét – a betonösszetételt át kell tervezni. Erre az ellentmondásra azonban már a gondosan végzett gyári próbakeverés, ill. a kezdeti és folyamatos gyártás során fény kell, hogy derüljön. A bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűség mérési eredményeit – a betonösszetétellel együtt – mindig fel kell jegyezni a próbatesteket kísérő mintavételi és vizsgálati jegyzőkönyvbe, hogy abból a fenti feltétel teljesülése későbbi időpontban – pl. a nyomószilárdság vizsgálat során – is ellenőrizhető legyen.

Az azonosító vizsgálat megfelelőségének az is feltétele, hogy a *megszilárdult nyomószilárdság vizsgálati próbatestek testsűrűségének terjedelme* ne legyen nagyobb átlaguk 4 %-ánál.

4.1. Azonosító vizsgálat gyártásközi ellenőrzés tanúsításával készített beton esetén

Mit ért az MSZ 4798-1:2004 szabvány a gyártásközi ellenőrzés tanúsítása alatt?

A gyártónak gyártásközi ellenőrzési rendszert kell kialakítania. A gyártásközi ellenőrzési rendszert rendszeresen felül kell vizsgálni, és ezt vagy a gyártó vagy a rendszer megfelelő működését igazoló külső jóváhagyó szervezet végezheti el. Ezekkel igazolható a gyártó által kiadott megfelelőségi nyilatkozat megbízhatósága (MSZ 4798-1:2004 szabvány 9.2. szakasza). A tanúsítás ennél több: jóváhagyott tanúsító szervezet tanúsíthatja a felülvizsgált gyártásközi ellenőrzési rendszer megfelelőségét és megfelelő működését (MSZ 4798-1:2004 szabvány 10.2. szakasza és C. melléklete).

A vizsgált, gyártásközi ellenőrzés tanúsításával készített betont azonos alapsokaságból valónak ítéljük a gyártó által igazolt vagy szavatolt megfelelőségű betonnal, ha a *8. táblázat* mindkét feltétele teljesül a meghatározott (jegyzőkönyvben rögzített) térfogatú betonból vett mintákon végzett szilárdságvizsgálatból származó „*n*” eredmény alapján.

8. táblázat: A nyomószilárdság azonosítási feltételei gyártásközi ellenőrzés tanúsításával készített beton esetén (az MSZ 4798-1:2004 szabvány B1. táblázata alapján)

„*n*” [a] számú nyomószilárdság vizsgálati eredmény adott térfogatú betonból	1. feltétel	2. feltétel
	Az „*n*” [a] eredmény átlaga ($f_{cm,\,test}$) N/mm^2	Bármely egyedi vizsgálati eredmény (f_{ci}) N/mm^2
1	nem alkalmazható	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
2 - 4	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 1$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
5 - 6	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 2$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
7 - 8	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 3$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
MEGJEGYZÉS: [a] „*n*” a nem átfedő, külön álló minták darabszáma. A próbatestek darabszáma mintánként lehetőleg legalább 3 db legyen, de lehet 1 db is. Ez utóbbi esetben célszerű legalább 9 mintát, azaz különböző, de a szóban forgó betonra jellemző mintákból származó legalább 9 db próbatestet vizsgálni (az MSZ 4798-1:2004 szabványtól eltérő értelmezés), és az $f_{cm,test} \geq f_{ck} + 4$ feltételt alkalmazni azért, hogy a vizsgálati eredmény megbízhatósága érje el legalább azt a szintet, amit az átlag szilárdság és a jellemző érték közötti 4 N/mm^2 különbség biztosít.		

A gyártásközi ellenőrzés tanúsításával készített beton nyomószilárdsága azonosító vizsgálati eredményeinek értékelésére a *9. táblázat* tartalmaz számpéldát.

9. táblázat: Számpélda a gyártásközi ellenőrzés tanúsításával készített beton nyomószilárdsága azonosító vizsgálati eredményeinek szabványos értékelésére, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele (1 minta = 1 próbatest)	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	2. feltétel $f_{ci,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} - 4$
1.	48,7	35,1	35,1 > 21,0
2.	47,7	34,4	34,4 > 21,0
3.	44,5	32,1	32,1 > 21,0
4.	46,6	33,6	33,6 > 21,0
5.	45,8	33,0	33,0 > 21,0
6.	47,6	34,3	34,3 > 21,0
7.	43,1	31,1	31,1 > 21,0
8.	43,8	31,6	31,6 > 21,0
9.	46,2	33,3	33,3 > 21,0
	$f_{cm,cyl,test}$ =	**33,2**	Átlag
	$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 4$ =	**29,2**	
1. feltétel $f_{ck,cyl,test} = 29,2 > 25,0 = f_{ck,cyl}$ $f_{cm,cyl,test} = 33,2 > 29,0 = f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 4$			
Nyomószilárdsági osztály: **C25/30**		Mértékegység: N/mm^2	

4.2. Azonosító vizsgálat gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített beton esetén

A kérdéses tulajdonságú friss betonból legalább 3 mintát kell venni, a próbatestek darabszáma mintánként legalább 3 legyen.

A gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített olyan betonkeverékeket, amelyekre a gyártó a jellemző szilárdság megfelelőségét igazolta, abban az esetben ítéljük azonos alapsokasághoz tartozónak, ha — úgy tűnik, hogy a kisebb mintaszám ellenére — teljesülnek a kezdeti gyártásra megadott feltételek:

1. feltétel az MSZ 4798-1:2004 szabvány 14. táblázata szerint:
≤ C50/60 osztályú (közönséges) beton esetén: $f_{cm,test} \geq f_{cm} = f_{ck} + 4$
≥ C55/67 osztályú (nagyszilárdságú) beton esetén: $f_{cm,test} \geq f_{cm} = f_{ck} + 5$

MEGJEGYZÉS az MSZ 4798-1:2004 szabvány A melléklete szerint: A kezdeti vizsgálatok az előírt iparági betonra (MSZ 4798-1:2004 szabvány 3.1.75. szakasza) akkor fogadhatók el, ha $f_{cm} \geq f_{ck} + 12$

2. feltétel az MSZ 4798-1:2004 szabvány 14. táblázata szerint:
≤ C50/60 osztályú (közönséges) beton esetén: $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
≥ C55/67 osztályú (nagyszilárdságú) beton esetén: $f_{ci} \geq f_{ck} - 5$

A gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített beton nyomószilárdsága azonosító vizsgálati eredményeinek értékelésére a *10. táblázat* tartalmaz számpéldát. Ebben a példában három-három mérési eredményből vizsgálati eredményt képeztünk, és az 1. feltétel teljesülését a vizsgálati eredményekre ellenőriztük, hogy a számítás hasonlítson a kezdeti gyártás során alkalmazandó számítási módszerre, amellyel a szabványok a gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített betonok azonosító vizsgálatát végeztetik (lásd a *2. táblázatot*).

10. táblázat: Számpélda a gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített beton nyomószilárdsága azonosító vizsgálati eredményeinek szabványos értékelésére, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	Minta átlaga $f_{cm,cyl,minta}$	Minta terjedelme és rel. terj. %	1. feltétel $f_{cm,cyl,minta} - 4 \geq \geq f_{ck,cyl}$		2. feltétel $f_{ci,cyl,test} + 4 \geq \geq f_{ck,cyl}$	
1.	48,7 51,5 46,5	35,1 37,2 33,5	35,3	3,6 10,2 % ≤ ≤ 15 %	31,3	> 40 C30/37	39,1 41,2 37,5	> 30 > 30 > 30
2.	48,0 50,5 50,3	34,6 36,4 36,3	35,8	1,8 4,9 % ≤ ≤ 15 %	31,8	> 40 C30/37	38,6 40,4 40,3	> 30 > 30 > 30
3.	45,4 51,0 44,1	32,7 36,8 31,8	33,8	5,0 14,8 % ≤ ≤ 15 %	29,8	> 40 C30/37	36,7 40,8 35,8	> 30 > 30 > 30

Átlag, $f_{cm,cyl,test}$ =	34,9	1. feltétel	
		$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 4$	$\geq f_{ck,cyl}$
		30,9	> 30
Nyomószilárdsági osztály: **C30/37**		Mértékegység: N/mm^2	

5. JAVASOLT MEGFELELŐSÉGI FELTÉTELEK AZONOSÍTÓ VIZSGÁLATHOZ *STUDENT*-ELOSZLÁS ALAPJÁN

A beton átadás-átvételi eljárásának kimenetele, a tétel elfogadása vagy elutasítása az *azonosító vizsgálat* eredményétől függ. Szerkezeteink biztonsága szempontjából is méltányolható, ha ebben az eljárásban az átadó és az átvevő kockázata azonos, más szóval, ha a p = 5 % alulmaradási hányadú beton elfogadási valószínűsége A = 50 %, és a nyomószilárdság vizsgálat mérési eredményeit ennek az elfogadási feltételnek ($p \cdot A(p)$ = 2,5 %) megfelelően értékeljük. Javaslatunk az új betonszabványokkal nem ellentétes, az azokban foglaltaknál szigorúbb, a beton és vasbeton szerkezetek biztonságát fokozó megfelelőségi feltételekre vezet, amelyek alkalmazása során a meg nem felelő nyomószilárdságú beton nyomon követésére, megerősítésére stb. nincs szükség. A módszert külön megállapodás alapján lehet, ill. 100 év használati élettartamú beton esetén kell alkalmazni

Az azonosító vizsgálat esetére javasolt megfelelőségi feltételek matematikai statisztikai alapja nem idegen sem az új (MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004), sem a régi (MSZ 4719:1982 és MSZ 4720-2:1980) betonszabványoktól, és a következőkben foglalható össze:

- nem teszünk különbséget a gyártásközi ellenőrzés tanusításával vagy tanusítása nélkül készült beton azonosító vizsgálata között;
- a beton megfelelőségét a vizsgált minták nyomószilárdságának átlaga, szórása és a mintaszám alapján határozzuk meg;
- feltételezzük, hogy a vizsgálati eredmények követik a *Gauss* eloszlást;
- a jellemző értéket a *Gauss* eloszlás alapján az 5 %-os alulmaradási szinthez rendeljük oly módon, hogy az átadás-átvételi eljárásban az elfogadási valószínűség a kritikusan megfelelő betonra nézve közelítőleg 50-50 %, az elfogadási feltétel $p \cdot A(p)$ = 2,5 % legyen, szemben az MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004 szabvány rendelkezésével, amely szerint a folyamatos gyártás során az átadás-visszautasítás valószínűsége kritikusan megfelelő betonnál közelítőleg 70-30 %, és az elfogadási feltétel $p \cdot A(p)$ = 3,5 % (*Taerwe, L.*, 1986);
- a jellemző értéket több mint 40 minta esetén az $f_{ck} = f_{cm} - 1{,}645 \cdot \sigma$ összefüggésből, ennél kevesebb minta (n) esetén az $f_{ck} = f_{cm} - t_n \cdot s_n$ összefüggésből határozzuk meg, ahol σ az elméleti szórás, s_n a tapasztalati szórás, t_n a *Student*-tényező (*Stange, K. – Henning, H.-J.*, 1966) értéke az n mintaszám függvényében;
- feltételezzük, hogy a C50/60 nyomószilárdsági osztályig bezárólag a szabványos méretű, vegyesen tárolt közönséges beton próbakocka és a szabványos méretű, végig víz alatt tárolt próbahenger nyomószilárdságának összefüggése ($f_{ci,cube,H} = 1{,}387 \cdot f_{ci,cyl}$), ami a szórások előírt értékére is fennáll, azaz $\sigma_{cube,H} = 1{,}387 \cdot \sigma_{cyl}$, illetve $s_{cube,H} = 1{,}387 \cdot s_{cyl}$, ahol az 1,387 értékű szorzó a 0,97/(0,76·0,92) hányadosból (MSZ 4798-1:2004 szabvány N2. fejezete) adódik. (A C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok között e hányados értéke: $f_{c,cube,H}/f_{c,cyl} = 1{,}198/095 \sim 1{,}261$.);
- a minta egy próbatestből is állhat;
- a kidolgozott eljárás értelemszerűen nem csak a vegyesen, hanem a végig víz alatt tárolt szabványos méretű próbakockák és próbahengerek vizsgálata esetén is alkalmazható.

A beton a tervezett nyomószilárdsági osztálynak megfelel, ha a következő megfelelőségi feltételek egyidejűleg teljesülnek:

1. feltétel:

$f_{cm,cyl,test} \geq f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + t_n \cdot s_n$

ahol s_n értéke nem lehet kisebb, mint a *11. táblázatban* szereplő megengedett legkisebb szórás (s_{min});

t_n az 5 %-os alulmaradási hányadhoz és n mintaszámhoz tartozó, $f = n - 1$ szabadságfokú *Student*-tényező, 50 %-os elfogadási valószínűség mellett, amelynek értékeit a *15. táblázat* tartalmazza.

2. feltétel:

≤ C50/60 osztályú közönséges beton esetén: $f_{ci,cyl} \geq f_{ck,cyl} - 4$

≥ C55/67 osztályú nagyszilárdságú beton esetén: $f_{ci,cyl} \geq 0{,}9 \cdot f_{ck,cyl}$

A javasolt azonosító vizsgálat megfelelőség igazolásának további feltétele, hogy a *bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűségének* legfeljebb 1,5 %-kal szabad kisebbnek lennie, mint a tervezett friss beton testsűrűség, mert csak ebben az esetben teljesül a friss beton megengedett levegőtartalmára és megkövetelt cementtartalmára vonatkozó követelmény. (Ez a követelmény az MSZ 4798-1:2004 szabvány laza előírásánál 0,5 %-kal szigorúbb érték, és 15 liter/m^3 levegőtartalomnak felel meg.) E feltételnek meg nem felelő friss beton próbatestek a vizsgálati próbatestek közé nem szabad, hogy bekerüljenek. Ha adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel e feltétel nem teljesíthető, akkor – feltételezve a friss próbatestek és a szerkezetbe bedolgozott friss beton közelítőleg azonos tömörségét – a betonösszetételt át kell tervezni. Erre az ellentmondásra azonban már a gondosan végzett gyári próbakeverés során fény kell, hogy derüljön. A bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűség mérési eredményeit – a betonösszetétellel együtt – mindig fel kell jegyezni a próbatesteket kísérő mintavételi és vizsgálati jegyzőkönyvbe, hogy abból a fenti feltétel teljesülése későbbi időpontban – pl. a nyomószilárdság vizsgálat során – is ellenőrizhető legyen.

A szóban forgó azonosító vizsgálat megfelelőség igazolásának az is feltétele, hogy a *megszilárdult nyomószilárdság vizsgálati próbatestek testsűrűségének terjedelme* ne legyen nagyobb átlaguk 3 %-ánál. (Ez a követelmény az MSZ 4798-1:2004 szabvány laza előírásánál 1 %-kal szigorúbb érték, és 30 liter/m^3 levegőtartalomnak felel meg.)

A beépítésre kerülő betont tételenként kell ellenőrizni és minősíteni. A minősítési tételek nagyságát és a próbatestek darabszámát a következő szempontok alapján kell kijelölni:

- egy tételbe csak egy adott szerkezeti elembe (vagy egy időben épülő azonos szerkezeti elemekbe) kerülő, egy azon keverőben, azonos technológiával, azonos összetétellel készült, egy termelési napon folyamatosan bedolgozott beton kerülhet;
- egy tétel minősítéséhez a próbatestek darabszáma a *11. táblázatban* szereplő darabszámnál kevesebb nem lehet.

A mintaszámot, a *Student*-tényezőt, a szórás legkisebb értékét a próbakockák nyomószilárdságának javasolt azonosító vizsgálata esetére a *11. táblázat* tartalmazza.

11. táblázat: A mintaszám (próbatest szám), a *Student*-tényező és a szórás legkisebb értéke a nyomószilárdság javasolt azonosító vizsgálata esetén

<table>
<tr><td rowspan="2">Betonjellemzők</td><td colspan="2">Tanúsítás nélkül</td><td colspan="3">Tanúsítással</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Egyedi (nem sorozat) gyártás esetén, minden esetben</td><td colspan="3">Sorozat gyártás esetén</td></tr>
<tr><td>Nyomószilárdsági osztály</td><td colspan="2">C8/10 – C16/20
LC8/9 – LC16/18</td><td>C20/25 – C50/60
LC20/22 – LC50/55</td><td>C55/67 – C100/115
LC55/60 – LC80/88</td></tr>
<tr><td>Beton összetételének tervezése szerint</td><td colspan="2">Tervezett beton, előírt összetételű beton és előírt iparági beton</td><td colspan="2">Tervezett beton és előírt összetételű beton</td></tr>
<tr><td>Környezeti osztály</td><td>XN(H), X0b(H), X0v(H) környezeti osztály</td><td>Többi környezeti osztály</td><td colspan="2">Valamennyi környezeti osztály</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Próbatestek darabszáma, legalább, n</td><td rowspan="3">3</td><td>200 m^3</td><td>150 m^3</td><td>100 m^3</td><td>50 m^3</td></tr>
<tr><td colspan="4">beton-térfogatonként legalább 1 db, de tételenként legalább</td></tr>
<tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>9</td></tr>
<tr><td colspan="6">Az 5 %-os alulmaradási hányadhoz tartozó t_n Student-tényező, 50 %-os elfogadási valószínűség mellett, az n megkövetelt mintaszám függvényében [Stange, K. et al., 1966], lásd a 15. táblázatot</td></tr>
<tr><td>t_n, ha a szabadságfok $f = n-1$, ill. a próbatestek darabszáma n</td><td>2,920</td><td>2,920</td><td>2,015</td><td>1,860</td><td>1,860</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Szórás legkisebb, megengedett értéke, végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű és 300 mm magas próbahengerekre vonatkoztatva, s_{min} N/mm^2</td><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="5">Megjegyzés: A legkisebb megengedett szórás értékek végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű és 300 mm magas próbahengerek átlagos nyomószilárdságához, illetve vegyesen tárolt próbahengerek, vagy végig víz alatt vagy vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának a végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű és 300 mm magas próbahengerek nyomószilárdságára átszámított értéke átlagához tartoznak. Lásd a 12. táblázat számpéldáját is.</td></tr>
</table>

A beton javasolt megfelelőségi feltételek szerinti minősítésére 9 minta (9 próbakocka) azonosító vizsgálati eredménye alapján a *12. táblázatban* mutatunk be példát.

12. táblázat: Számpélda a nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek értékelésére, a javasolt azonosító vizsgálat szerint, a *Student*-tényező alkalmazásával, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele (1 minta = 1 próbatest)	Próbakocka (vegyesen tárolt) $f_{ci,cube,test,H}$	Próbahenger (végig víz alatt tárolt) $f_{ci,cyl,test}$	2. feltétel $f_{ci,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} - 4$
	nyomószilárdság		
	mért érték	átszámított érték *	
1.	48,7	35,1	35,1 > 21,0
2.	47,7	34,4	34,4 > 21,0
3.	44,5	32,1	32,1 > 21,0
4.	46,6	33,6	33,6 > 21,0
5.	45,8	33,0	33,0 > 21,0
6.	47,6	34,3	34,3 > 21,0
7.	43,1	31,1	31,1 > 21,0
8.	43,8	31,6	31,6 > 21,0
9.	46,2	33,3	33,3 > 21,0
	$f_{cm,cyl,test}$ =	**33,2**	átlag
	s_9 =	1,37	szórás
	s_{min} =	**3,0**	szórás legalább
	t_9 =	1,86	*Student*-tényező
$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - t_9 \cdot s_{min} = 33,2 - 5,6 =$ **27,6**			
1. feltétel $f_{ck,cyl,test} = 27,6 > 25,0 = f_{ck,cyl}$ $f_{cm,cyl,test} = 33,2 > 30,6 = f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + t_9 \cdot s_{min}$			
Nyomószilárdsági osztály: **C25/30**		Mértékegység: N/mm^2	

* Megjegyzés: A nyomószilárdság 150 mm átmérőjű, 300 mm magas, végig víz alatt tárolt próbahengerre vonatkoztatott értékét megkapjuk, ha a 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockán mért nyomószilárdságot C50/60 nyomószilárdsági osztályig bezárólag a $f_{ci,cube,test,H}/f_{ci,cyl,test} = 0,97/(0,76 \cdot 0,92) \sim 1,387$ értékű hányadossal elosztjuk. (A C55/67 – C100/115 közötti nyomószilárdsági osztályok esetén e hányados értéke: $f_{ci,cube,test,H}/f_{ci,cyl,test} = 1,198/095 \sim 1,261$.)

A *13. táblázat* számpéldát tartalmaz, amelyben a *12. táblázat* nyomószilárdság vizsgálati eredményeit összehasonlításként a gyártásközi ellenőrzés tanúsításával készített beton nyomószilárdsága (ha a próbakockákat vegyesen tárolták) szabványos azonosító vizsgálata szerint értékeltük (a *9. táblázat* mintájára). A *14. táblázatban* pedig olyan számpéldát készítettünk, amelyben a *12. táblázat* nyomószilárdság vizsgálati eredményeit összehasonlításként a „régi” (MSZ 4719:1982 és MSZ 4720-2:1980) betonszabványok szerint értékeltük.

A *15. táblázatban* az egyoldali 5 %-os alulmaradási hányadhoz tartozó t_n *Student*-tényező értékeit adtuk meg, 50 %-os elfogadási valószínűség mellett (*Stange, K. – Henning, H.-J.*, 1966). A *15. táblázatban* szereplő t_n *Student*-tényező az $N(0,1)$ eloszlású t-eloszlás — egyoldali 5 %-os alulmaradási hányadához tartozó — $t_{95\%,f}$ valószínűségi változója ($p = 0,05$ értékhez tartozó kvantilise, küszöb értéke). Ezek az értékek bizonyos mértékig eltérnek az MSZ 4720-2:1980 szabvány *Student*-tényezőitől, mert az utóbbiakat közelítő számítással határozták meg (*Owen*, 1962; *Palotás*, 1979, 9.93.4. szakasz; *Szalai*, 1982, 2.8.5. szakasz). Ha $n \to \infty$, akkor a *Student*-féle t-eloszlás a *Gauss*-féle normális eloszláshoz tart.

13. táblázat: Számpélda a 10. táblázat nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek a gyártásközi ellenőrzés tanúsításával készített beton nyomószilárdsága szabványos azonosító vizsgálata szerinti értékelésére, ha a próbakockákat vegyesen tárolták

Minta jele (1 minta = 1 próbatest)	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Próba-henger $f_{ci,cyl,test}$	2. feltétel $f_{ci,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} - 4$
1.	48,7	35,1	35,1 > 21,0
2.	47,7	34,4	34,4 > 21,0
3.	44,5	32,1	32,1 > 21,0
4.	46,6	33,6	33,6 > 21,0
5.	45,8	33,0	33,0 > 21,0
6.	47,6	34,3	34,3 > 21,0
7.	43,1	31,1	31,1 > 21,0
8.	43,8	31,6	31,6 > 21,0
9.	46,2	33,3	33,3 > 21,0
	$f_{cm,cyl,test}$ =	**33,2**	átlag
	$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 4$ =	**29,2**	
1. feltétel $f_{ck,cyl,test} = 29,2 > 25,0 = f_{ck,cyl}$ $f_{cm,cyl,test} = 33,2 > 29,0 = f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 4$			
Nyomószilárdsági osztály: **C25/30**		Mértékegység: N/mm^2	

14. táblázat: Számpélda a 12. táblázat nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek a „régi” (MSZ 4719:1982 és MSZ 4720-2:1980) betonszabványok szerinti értékelésére

Minta jele (1 minta = 1 próbatest)	Próba-kocka $f_{ci,cube,test,H}$	Értékelés az MSZ 4719:1982, az MSZ 4720-2:1980, illetve a MÉASZ ME-04.19:1995 szerint.
1.	48,7	
2.	47,7	
3.	44,5	
4.	46,6	
5.	45,8	
6.	47,6	
7.	43,1	
8.	43,8	
9.	46,2	
$R_{m,cube,test}$ =	**46,0**	átlag
s_9 =	1,89	szórás
$s_{min,cube}$ =	**2,0**	szórás legalább
t_9 =	1,82	MÉASZ ME-04.19:1995 → 4.18. tábl.
k_R =	1,24	MÉASZ ME-04.19:1995 → 4.61. képl.
$R_{k,cube,test}$ =	**41,5**	= 46,0 – 4,5 = $R_{m,cube,test} - k_R \cdot t_9 \cdot s_{min}$
Feltétel $R_{k,cube,test} = 41,5 > 40,0 = R_{k,cube}$ $R_{k,cube} = 40,0 \rightarrow 35,0 = R_{k,cyl}$		
Nyomószilárdsági osztály: **C35**		Mértékegység: N/mm^2

15. táblázat: Az egyoldali 5 %-os alulmaradási hányadhoz tartozó *Student*-tényező, 50 %-os elfogadási valószínűség mellett (*Stange, K. – Henning, H.-J.*, 1966)

Mintaszám n	Szabadságfok $f = n - 1$	*Student*-tényező t_n
2	1	6,314
3	2	2,920
4	3	2,353
5	4	2,132
6	5	2,015
7	6	1,943
8	7	1,895
9	8	1,860
10	9	1,833
11	10	1,812
12	11	1,796
13	12	1,782
14	13	1,771
15	14	1,761
20	19	1,729
30	29	1,699
	∞	1,645

6. AZONOSÍTÓ VIZSGÁLAT A SZERKEZETBE MÁR BEDOLGOZOTT SZILÁRD BETON ESETÉN

A szerkezetbe már bedolgozott szilárd beton azonosító vizsgálatát az MSZ EN 12504-1:2000 szabvány figyelembevételével kell elvégezni. Az MSZ EN 12504-1:2000 szabvány a magminták kifúrására, a próbatestek kialakítására a magmintából, a magmintából kialakított próbatestek nyomószilárdság vizsgálatára és a próbatestek méret hatására ad eligazítást, de a szilárdság vizsgálati eredmények értékelésével nem foglalkozik. Ezért a szerkezetbe már bedolgozott szilárd beton azonosító vizsgálatának végrehajtásába és az eredmények értékelésébe célszerű betontechnológiai szakértőt bevonni. Az értékelést az azonosító vizsgálat eredményeinek értékelésére az 5. fejezetben tett javaslatunk alapján el lehet végezni. Az ehhez szükséges szükséges *Student*-tényezőket a *15. táblázat* tartalmazza.

7. AZ EUROCODE 2 (MSZ EN 1992-1-1:2005) SZERINTI TERVEZÉSI FELTÉTEL

Az MSZ EN 1992-1-1:2005 (Eurocode 2) szabvány 3.1. táblázata szerint a betonszerkezetek tervezése során a nyomószilárdság $f_{cm,cyl}$ átlag értékét a nyomószilárdság $f_{ck,cyl}$ jellemző értékéből (karakterisztikus értékéből) a következő összefüggéssel kell kiszámítani:

$$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8 \quad [\mathrm{N/mm^2}]$$

Ez az összefüggés 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, szabványos méretű (Ø150·300 mm) próbahengerek esetén érvényes. A betontechnológia ezzel szemben a beton nyomószilárdságának megfelelőségét általában 28 napos korú, vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú (ugyancsak szabványos) próbakockákkal ellenőrzi.

Ha elfogadjuk, hogy az új betonszabvány, nevezetesen az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány, illetve annak nemzeti alkalmazási dokumentuma (NAD), az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint C50/60 nyomószilárdsági osztályig:

$f_{c,cube}/f_{c,cyl}$ = 0,97/0,76 a végig víz alatt tárolt, szabványos méretű (150 mm élhosszúságú) közönséges beton próbakocka és az ugyan így tárolt szabványos méretű (150 mm átmérőjű és 300 mm magas) próbahenger nyomószilárdságának hányadosa,

$f_{c,cube}/f_{c,cube,H}$ = 0,92 a végig víz alatt tárolt és a vegyesen tárolt, szabványos méretű közönséges beton próbakocka nyomószilárdságának hányadosa,

akkor a vegyesen tárolt szabványos méretű közönséges beton próbakocka nyomószilárdságának ($f_{c,cube,H}$) és a végig víz alatt tárolt, szabványos méretű közönséges beton próbahenger nyomószilárdságának ($f_{c,cyl}$) kapcsolata:

$$f_{c,cube,H} = [0,97/(0,76 \cdot 0,92)] \cdot f_{c,cyl} \sim 1,387 \cdot f_{c,cyl}$$

amelyet behelyettesítve az $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$ összefüggés jobb és bal oldalába:

$f_{cm,cube,H}/1,387 = f_{ck,cube,H}/1,387 + 8$, majd ebből az

$$f_{cm,cube,H} = f_{ck,cube,H} + 11,1 \quad [N/mm^2]$$

összefüggésre jutunk, ami a 28 napos korú, vegyesen tárolt, szabványos, 150 mm méretű próbakocka nyomószilárdsága átlag értékének és jellemző értékének MSZ EN 1992-1-1:2005 (Eurocode 2) szabvány szerinti kapcsolatát fejezi ki C50/60 nyomószilárdsági osztályig.

Az MSZ EN 1992-1-1:2005 felfogásában tehát például a C25/30 nyomószilárdsági osztályú beton 28 napos korú, vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú próbakockákon meghatározott átlag nyomószilárdsága legalább

$$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{cm,cube,H} = 33 + 11,1 = 44,1 \quad [N/mm^2]$$

kell legyen.

Az MSZ EN 206-1:2002, ill. az MSZ 4798-1:2004 szabvány alapján a C25/30 nyomószilárdsági osztályú beton 28 napos korú, vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú próbakockákon meghatározott átlag nyomószilárdsága a fenti $f_{cm,cube,H} = 44,1$ N/mm^2 helyett, pl. csak $f_{cm,cube,H} = f_{ck,cube,H} + 1,48 \cdot 1,387 \cdot \sigma_{min} = 33 + 1,48 \cdot 1,387 \cdot 3 = 39,2$ N/mm^2. Bizonyos tartalékot az jelent, hogy a beton nyomószilárdságának tervezési értéke (f_{cd}) és végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas próbahengeren értelmezett jellemző értéke ($f_{ck,cyl}$) között fennáll az összefüggés: $f_{cd} = f_{ck,cyl} \cdot \alpha_{cc}/\gamma_c$, ahol $\gamma_c = 1,5$ a betonszilárdság biztonsági tényezője teherbírási határállapotban, és $\alpha_{cc} = 0,85$ a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló csökkentő tényező. Így például a C25/30 nyomószilárdsági osztályú beton végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas próbahengeren értelmezett nyomószilárdságának tervezési értéke $f_{cd} = 14,2$ N/mm^2.

Ha a statikai méretezés során — és most a környezeti feltételektől vonatkoztassunk el — az adódik, hogy a feladat $f_{cd} = 14,2$ N/mm^2 tervezési értékű betonnal oldható meg, akkor a tervező az MSZ EN 1992-1-1:2005 alapján C25/30 nyomószilárdságú betont fog kiírni. Ehhez a beton nyomószilárdsági osztályhoz a fentiek szerint vegyesen tárolt próbakockákon értelmezett $f_{cm,cube,H} = 44,1$ N/mm^2 átlag szilárdság tartozik, a betongyár pedig az MSZ 4798-1:2004 alapján feltehetően a fenti, vegyesen tárolt próbakockán értelmezett pl. $f_{cm,cube,H} = 39,2$ N/mm^2 átlag nyomószilárdságú betonnal fogja teljesíteni. Az eltérés a jellemző érték és az átlag érték kapcsolatának eltérő számításmódjából fakad.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetét fejezi ki **DR. MEGYESI ZOLTÁN okl. matematikusnak**, aki az új betonszabványok megfelelőségi feltételeinek matematikai értelmezésében volt szíves hathatós segítséget nyújtani.

9. FOGALMAK (beleértve a „Betonok nyomószilárdságának elfogadási tényezője” című dolgozat fogalmait is)

Alulmaradási hányad (portion of the strength values below the f_{ck}, Anteil der Festigkeitswerte unterhalb von f_{ck}). A teljes anyagtérfogatban (tételében) a megfelelőségi feltételt ki nem elégítő anyag részaránya. Az x valószínűségi változó jellemző értéke. Jele: p.

Alulmaradási tágasság (lead value, Vorhaltemass). Az alulmaradási tényező és a szórás szorzata (pl. $\lambda_n \cdot s_n$, illetve $t_n \cdot s_n$), amelyet a nyomószilárdság f_{cm} átlag értékéből kivonva a jellemző értéket kapjuk, más szóval a nyomószilárdság átlag értékének és jellemző értékének különbsége.

Alulmaradási tényező (acceptance constant, Annahmekonstant). Szorzó, amellyel a nyomószilárdság vizsgálati eredmények szórását megszorozva, és a szorzatot a nyomószilárdság átlag értékéből kivonva a jellemző értékre jutunk. Jele általában: λ_n, a t-eloszlás esetén: t_n (*Student*-tényező), ahol n a mintaszámra utal.

Elfogadási görbe (acceptance characteristic, Annahmekennlinie). Görbe, amely a tétel $A(p)$ elfogadási valószínűségét a p alulmaradási hányad függvényében mutatja meg. Függvény alakja: $p \cdot A(p) = \text{konstans}$.

Elfogadási valószínűség (acceptance probability, Annahmewarscheinlichkeit). A p alulmaradási hányadú betontérfogat (tétel) elfogadásának valószínűsége. Jele: $A(p)$.

Folyamatos gyártás (continuous production, stetige Herstellung). A kezdeti gyártást követő, legalább 15 egymás utáni, kihagyás nélküli, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó nyomószilárdság vizsgálati eredmény meghatározásáig tartó, az utolsó vizsgálat előtti legfeljebb 12 hónap hosszú betongyártási időszak.

Kezdeti gyártás (initial production, Erstherstellung). A kezdeti gyártás a legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó nyomószilárdság vizsgálati eredmény meghatározásáig tartó, három hónapnál hosszabb, de legfeljebb 12 hónap hosszú betongyártási időszak.

Kvantilis (quantile, Quantil). A p alulmaradási hányadhoz tartozó x_p valószínűségi változó, küszöb érték, jellemző érték (pl. $f_{ck,test}$). Az eloszlás 5%-os kvantilise az $f_{ck,test} = \mu - 1{,}645 \cdot \sigma$ formulával számolható.

Megfelelőség igazolás (verification of conformity, Konformitätsbestätigung). Igazolás – általában ellenőrző vagy tanúsító szervezet bevonásával – arról, hogy a beton a szabványos követelménynek (pl. a nyomószilárdsági osztálynak) megfelel.

Megfelelőségi nyilatkozat (declaration of conformity, Konformitätserklärung). A gyártó nyilatkozata a kezdeti vagy a folyamatos vizsgálat eredménye alapján arról, hogy a beton a szabványos követelménynek (pl. a nyomószilárdsági osztálynak) megfelel.

Minta (sample, Probe). A beton vizsgálatára elkülönített, az átlagos minőséget képviselő betonmennyiség, amely elegendő egy vagy több nyomószilárdság vizsgálati próbatest készítésére (és egyéb vizsgálat elvégzésére).

Normális eloszlás, Gauss-féle eloszlás (Normal distribution, Normalverteilung). A nyomószilárdság vizsgálati eredmények valószínűségi várható értével (μ) és szórásával (σ) kifejezhető eloszlás, amelynek sűrűségfüggvénye:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Nyomószilárdság (compressive strength, Druckfestigkeit). Az a N/mm^2 mértékegységben kifejezett legnagyobb feszültség, amelynél a beton próbahenger vagy próbakocka a nyomószilárdság vizsgálat során tönkremegy.

Nyomószilárdság átlag értéke (mean compressive strength, mittlere Druckfestigkeit). Az egyedi beton nyomószilárdság vizsgálati eredmények számtani középértéke.

Nyomószilárdság azonosító vizsgálata (identity test of compressive strength, Identitätsprüfung für Druckfestigkeit). Független laboratórium vagy a megrendelő laboratóriuma által (többnyire a gyártó bevonásával), az átadás-átvétel folyamán végzett vizsgálat annak megállapítására, hogy a beton a gyártó által megadott nyomószilárdsági osztálynak megfelel-e.

Nyomószilárdság folyamatos vizsgálata (continuous test of compressive strength, stetige Druckfestigkeitsprüfung). A folyamatos gyártás időszakában végzett beton nyomószilárdság vizsgálat és értékelés. A folyamatos vizsgálat során a nyomószilárdság vizsgálati eredményeket az átlag és a kezdeti vizsgálattal meghatározott szórás alapján kell, illetve szabad értékelni. Folyamatos vizsgálatot a gyártó vagy megbízottja végezhet a gyártásközi ellenőrzés keretében.

Nyomószilárdság jellemző értéke (characteristic value of compressive strength, charakteristischer Druckfestigkeitswert). Az a nyomószilárdsági érték, amely alá az értékelt beton tétel szilárdságvizsgálati eredményeinek legfeljebb 5%-a esik. A nyomószilárdság jellemző értéke lehet előírt érték (f_{ck}) és tapasztalati érték ($f_{ck,test}$).

Nyomószilárdság kezdeti vizsgálata (initial test of compressive strength, Erstprüfung für Druckfestigkeit). A kezdeti gyártás időszakában végzett beton nyomószilárdság vizsgálat és értékelés. A kezdeti vizsgálat során a nyomószilárdság vizsgálati eredményeket az átlag alapján kell értékelni, és meg kell adni a vizsgálati eredmények szórását. Kezdeti vizsgálatot a gyártó vagy megbízottja végezhet a gyártásközi ellenőrzés keretében.

Nyomószilárdság szórása (standard deviation of compressive strength, Standardabweichung der Druckfestigkeit). A nyomószilárdság egyedi értéke ingadozásának mértéke, amelyet a nyomószilárdság egyedi és átlag értéke különbsége négyzetének várható értékéből vont négyzetgyökkel fejezünk ki. A vizsgálati eredményekből meghatározható tapasztalati szórás (s_n) az elméleti szórásnak (σ) a közelítő értéke.

Nyomószilárdsági osztály (compressive strength class, Druckfestigkeitsklasse). A beton nyomószilárdsági követelménye, amelyet a 28 napos korú, szabványosan tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző értékével ($f_{ck,cyl}$) és 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának előírt jellemző értékével ($f_{ck,cube}$) kell megadni.

OC-görbe (operating characteristic, Operationscharakteristik). A megfelelőségi feltételrendszer operációs karakterisztikája. Műveleti jellegörbe, amely a beton p alulmaradási hányada függvényében annak $L(p,n,c)$ valószínűségét fejezi, hogy az együtt értékelt, n számú mintából éppen c számú vagy ennél kevesebb minta nem felelt meg. A c ún. döntő szám az n mintaszámú vizsgálati eredményben a meg nem felelő eredményt adó minták megengedett legnagyobb száma, azaz esetünkben $0{,}05 \cdot n$.

A műveleti jelleggörbe értékeinek számszerű kifejezésére a binomiális eloszlás helyett a könnyebben kezelhető *Poisson*-féle eloszlás eloszlásfüggvényét szokták alkalmazni (Felix et al., 1964):

$$L(p,n,c) = \sum_{x=0}^{c} \frac{(n \cdot p)^x}{x!} \cdot e^{-n \cdot p}$$

Poisson-féle eloszlás (Poisson distribution, Poisson-Verteilung). Sűrűségfüggvénye:

$$p(x) = \frac{(n \cdot p)^x}{x!} \cdot e^{-n \cdot p}$$

A *Poisson*-féle eloszlás annál jobban közelíti a binomiális eloszlást, minél nagyobb az n és minél kisebb a p értéke.

Student-tényező (Student-coefficient, Student-Koeffizient). Az $N(0,1)$ eloszlású t-eloszlás — egyoldali 5 %-os alulmaradási hányadához tartozó — $t_{95\%,f}$ valószínűségi változója (p = 0,05 értékhez tartozó kvantilise, küszöb értéke).

Szabadságfok (Degree of freedom, Freiheitsgrad). A szóráselemzésben van szerepe. Lineáris kifejezésekből képzett, egymástól független négyzetösszegek száma. Például a *Student*-féle eloszlás esetén $f = n - 1$.

t-eloszlás, Student-féle eloszlás (t-distribution, t-Verteilung). A *Gauss*-féle normális eloszláshoz hasonló eloszlás, amely az n mintaszámnak is függvénye. Sűrűségfüggvénye:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{(n-1)\pi}} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \cdot \frac{1}{\left(\frac{x^2}{n-1}+1\right)^{\frac{n}{2}}},$$

ahol Γ a gamma-függvény jele. A *Student*-féle t-eloszlás szabadságfoka: $f = n - 1$. Ha $n \to \infty$, akkor a *Student*-féle t-eloszlás a *Gauss*-féle normális eloszláshoz tart.

10. LEGFONTOSABB JELÖLÉSEK (beleértve a „Betonok nyomószilárdságának elfogadási tényezője” című dolgozat jelöléseit is)

$A(p)$	p alulmaradási hányadú beton elfogadási valószínűsége
C	közönséges beton nyomószilárdsági osztályának betűjele
f	*Student*-féle t-eloszlás szabadságfoka
f_c	beton nyomószilárdsága
f_{cd}	beton nyomószilárdságának tervezési értéke
f_{ci}	beton nyomószilárdságának egyes tapasztalati értéke
f_{ck}	beton nyomószilárdságának előírt jellemző (karakterisztikus) értéke
f_{cm}	beton nyomószilárdságának előírt átlag értéke
$f_{cm,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlag értéke
$f_{c,cube}$	végig víz alatt tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakocka előírt nyomószilárdsága

$f_{c,cube,H}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakocka előírt nyomószilárdsága
$f_{ci,cube,test,H}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakocka nyomószilárdságának egyes tapasztalati értéke
$f_{ck,cube,H}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakockák nyomószilárdságának előírt jellemző (karakterisztikus) értéke
$f_{cm,cube,H}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakockák nyomószilárdságának előírt átlag értéke
$f_{cm,cube,test,H}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakockák nyomószilárdságának tapasztalati átlag értéke
$f_{c,cyl}$	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahenger előírt nyomószilárdsága
$f_{ci,cyl,test}$	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahenger nyomószilárdságának egyes tapasztalati értéke
$f_{ck,cyl}$	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző (karakterisztikus) értéke
$f_{ck,cyl,test}$	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának tapasztalati jellemző (karakterisztikus) értéke
$f_{cm,cyl}$	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt átlag értéke
$f_{cm,cyl,test}$	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának tapasztalati átlag értéke
$L(p,n,c)$	*Poisson*-féle eloszlás eloszlásfüggvény
n	mintaszám
p	alulmaradási hányad
$p(x)$	valószínűségi sűrűségfüggvény
$R_{cube,test}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakocka nyomószilárdságának egyes tapasztalati értéke az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint
$R_{k,cube}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakockák nyomószilárdságának előírt jellemző értéke az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint
$R_{k,cube,test}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakockák nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint
$R_{m,cube,test}$	vegyesen tárolt, 150 mm élhosszúságú beton próbakockák nyomószilárdságának tapasztalati átlag értéke az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint
$R_{k,cyl}$	vegyesen tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző értéke az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint
s_{min}	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt legkisebb szórása
s_n	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának tapasztalati szórása
t_n	*Student*-tényező
x	valószínűségi változó
α_{cc}	tartós szilárdsági tényező
σ	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának elméleti szórása

σ_{min}	végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt legkisebb elméleti szórása
σ_n	beton nyomószilárdságának ismeretlen valószínűségi elméleti szórása
γ_c	betonszilárdság biztonsági tényezője
λ_n	alulmaradási tényező
μ	beton nyomószilárdságának valószínűségi várható értéke

11. HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI ELŐÍRÁS

MSZ 4719:1982	Betonok
MSZ 4720-2:1980	A beton minőségének ellenőrzése. Általános tulajdonságok ellenőrzése
MSZ 4798-1:2004	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ 15022-1:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ EN 206-1:2002	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 1992-1-1:2005	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 12390-3:2002	A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága
MSZ EN 12504-1:2000	A beton vizsgálata szerkezetekben. 1. rész: Fúrt próbatestek. Mintavétel, vizsgálat és nyomószilárdság meghatározás
MÉÁSZ ME-04.19:1995	Beton és vasbeton készítése. 6. fejezet: Vizsgálat, minőség-ellenőrzés, minőségtanúsítás. Műszaki előírás

12. FELHASZNÁLT IRODALOM

Bonzel, J. – Hilsdorf, H. K.:	Beton. Beton-Kalender 1991. Teil I. pp. 1-108. cikk 3.2.3. szakasza. Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin
Deák Gy. – Draskóczy A. – Dulácska E. – Kollár L. – Visnovitz Gy.:	Statikai Kisokos. Segédlet tartószerkezetek tervezéséhez. Vasbeton szerkezetek – Tervezés az Eurocode alapján. Springer Media Magyarország Kft. Szakkiadó Divízió. Budaörs, 2004.
Kausay T.:	A beton nyomószilárdságának elfogadása. Vasbetonépítés. VIII. évf. 2006. 2. szám. pp. 35-44.
Matuscsák T.:	Épületek teherhordó szerkezetei (szerk.: Fernezelyi S. – Matuscsák T.) c. könyv 6.5. fejezete. Verlag Dashöfer Szakkiadó Kft. Budapest, 2005.
Owen, D. B.:	Handbook of statistical tables. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, Palo alto – London, 1962.
Palotás L.:	Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. Általános anyagismeret. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1979.
Stange, K. – Henning, H.-J.:	Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer-Verlag. Berlin/Heidelberg/New York, 1966.
Szalai Kálmán (Szerk.):	A beton minőségellenőrzése. Szabványkiadó. Budapest, 1982.
Taerwe, L.:	A General Basis for the Selection of Compliance Criteria, IABSE Proceedings P-102/86, Zürich,1986.
Zäschke, W.:	Conformity Criteria for Compressive Strength of Concrete, Concrete Precasting Plant and Technology, 9/1994.